

Aus dem Departement Nutztiere, Klinik für Rinder-, Schaf- und Ziegenkrankheiten
der Vetsuisse-Fakultät
Universität Zürich

Direktor: Prof. Dr. U. Braun

Arbeit unter der Leitung von PD Dr. K. Nuss

Ermittlung von Hornschuh- und Lederhautabmessungen an den Klauen der Beckengliedmassen von Fleckviehrindern

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde
der Vetsuisse-Fakultät
Universität Zürich

vorgelegt von

Norbert Paulus

Tierarzt aus Saarbrücken, Deutschland

genehmigt auf Antrag von

PD Dr. K. Nuss, Referent
Prof. Dr. H. Geyer, Korreferent

Zürich 2004

Meinen lieben Eltern



1	ZUSAMMENFASSUNG	3
2	SUMMARY	5
3	EINLEITUNG	7
4	Literaturübersicht	8
4.1	Anatomie der Rinderklaue	8
4.1.1	Knöcherne Grundlagen	8
4.1.2	Klauenunterhaut, Subkutis	9
4.1.3	Klauenlederhaut, Korium	9
4.1.4	Klauenoberhaut, Epidermis	10
4.2	Klauenpflege	11
4.2.1	Geschichtliches	11
4.2.2	Klauenpflegeverfahren	12
4.3	Erhebung von Klauenmassen.....	16
5	EIGENE UNTERSUCHUNGEN.....	29
5.1	Material und Methoden	29
5.1.1	Ausgangshypothesen	29
5.1.2	Untersuchungsmaterial	29
5.1.2.1	Präparate	29
5.1.2.2	Messinstrumente	30
5.1.3	Voruntersuchungen	31
5.1.3.1	Vorversuch 1	31
5.1.3.2	Vorversuch 2	33
5.1.3.3	Zusammenfassung der Voruntersuchungen 1 und 2	33
5.1.3.4	Vorversuch 3	35
5.1.3.5	Vorversuch 4	36
5.1.3.6	Vorversuch 5	37
5.1.3.7	Zusammenfassung der Ergebnisse der Vorversuche 3 bis 5	39
5.1.4	Hauptversuche und -messungen	40
5.1.4.1	Arbeitshypothesen	40
5.1.4.2	Messung am Klauenschuh	40
5.1.4.3	Messung an den ausgeschuhten Klauen	43
5.1.4.4	Messungen am Hornschuh im Einzelnen	44
5.1.4.4.1	Messung der Sohlendicke	44
5.1.4.4.2	Messung der Dorsalwandlänge	45
5.1.4.4.3	Messung des Dorsalwandwinkels	46
5.1.4.4.4	Messung der Ballenlänge	47
5.1.4.4.5	Messung der Ballenhöhe	48
5.1.4.4.6	Messung der Ballenbreite	49
5.1.4.4.7	Messung der Klauenlänge	50
5.1.4.4.8	Berechnung der Sohlenfläche	50
5.1.4.5	Messungen an den exungulierten Klauen	51

5.1.4.5.1 Messung der Dorsalwandlänge.....	53
5.1.4.5.2 Messung des Dorsalwandwinkels.....	54
5.1.4.5.3 Messung der Ballenlänge.....	54
5.1.4.5.4 Messung der Ballenhöhe	54
5.1.4.5.5 Messung der Ballenbreite	55
5.1.4.5.6 Messung der Klauenlänge	56
5.1.4.5.7 Berechnung der Sohlenfläche	56
5.2 Ergebnisse	58
5.2.1 Hornschuh- und Lederhautabmessungen.....	58
5.2.1.1 Sohlendicke (mm)	58
5.2.1.1.1 Sohlendicke der Jungbullen.....	58
5.2.1.1.2 Sohlendicke der Jungkühe	59
5.2.1.1.3 Sohlendicke der Altkühe	61
5.2.1.1.4 Vergleich der Altersgruppen bezüglich der Sohlendicke	62
5.2.1.2 Dorsalwandwinkel (Grad)	62
5.2.1.3 Dorsalwandlänge (mm)	63
5.2.1.4 Ballenhöhe (mm).....	64
5.2.1.5 Ballenlänge (mm).....	65
5.2.1.6 Sohlenlänge (mm)	66
5.2.1.7 Sohlenbreite (mm).....	66
5.2.1.8 Ballenbreite (mm)	67
5.2.1.9 Klauenlänge (mm).....	67
5.2.1.10 Sohlenumfang (mm)	68
5.2.1.11 Sohlenfläche (cm ²).....	69
5.2.1.12 Verhältnis der Dorsalwandlänge zur Ballenlänge.....	69
5.2.1.13 Verhältnis von Dorsalwandlänge zu Ballenhöhe.....	70
5.2.1.14 Verhältnis von Dorsalwandlänge zu Sohlenlänge	71
5.2.1.15 Zusammenfassung der Resultate.....	71
6 DISKUSSION	73
6.1 Standardmasse.....	73
6.2 Anatomischer Unterschied zwischen Aussen- und Innenklaue	75
6.3 Weitere Klauenmasse.....	77
6.3.1 Sohlendicke.....	77
6.3.2 Dorsalwandwinkel	78
6.3.3 Dorsalwandlänge.....	79
6.3.4 Ballenhöhe und Ballenlänge	80
6.3.5 Sohlenlänge und Sohlenbreite, Sohlenumfang, Sohlenfläche, Klauenlänge	81
7 LITERATURVERZEICHNIS	82
LEBENS LAUF	85
DANKSAGUNGEN	86

1 Zusammenfassung

An den Zehenpräparaten von 80 Rindern unterschiedlichen Alters und Geschlechts (Jungbullen, Jungkühe und Altkühe) wurden verschiedene Klauenmasse sowohl an den medialen als auch an den lateralen Klauen von Beckengliedmassen erhoben. Die Sohlendicke wurde hierbei als Referenzwert hergenommen und auf 5 mm an der Klauenspitze und 8 mm am Ballen festgelegt („definierte Sohlendicke“). Die Klauen wurden danach exunguliert und die Messungen am Korium entsprechend durchgeführt.

Zwischen den Innen- und Aussenklauen Rindern verschiedenen Alters und Geschlechts gibt es deutliche Grössenunterschiede. Die diagonale Sohlenlänge und die Sohlenbreite, die Ballenbreite, -höhe und -länge, die Klauenlänge, die Sohlenfläche und der Klauenumfang sind an den Aussenklauen signifikant grösser als an den Innenklauen. Die Klauenmasse nehmen mit dem Alter zu, allerdings sowohl an den Aussen- als auch an den Innenklauen. Die Unterschiede zwischen Aussen- und Innenklauen sind auch im Korium entsprechend vorhanden. Die Aussenklauen sind demnach sowohl von ihrer Aussen- als auch von ihrer Innenstruktur her grösser als die Innenklauen. Die Klauen der männlichen Tiere weisen vergleichsweise eine steilere, kürzere Dorsalwand, eine kürzere und breitere Sohle sowie einen grösseren Ballen auf.

Eine Anpassung der Sohlenfläche der Aussenklaue auf das Niveau der Innenklaue im Rahmen der funktionellen Klauenpflege führt deswegen generell zu einer signifikant geringeren Sohlendicke an der Aussenklaue. Daraus ergibt sich, dass die Aussenklaue nur an die Innenklaue angepasst werden kann, wenn sie danach noch eine genügende Sohlendicke aufweist. Es ist deswegen fallweise gerechtfertigt, an der Aussenklaue mit der Klauenpflege zu beginnen und diese nicht rigoros an die Sohlendicke der Innenklaue anzupassen.

In der vorliegenden Untersuchung wurde festgestellt, dass der Ballen der medialen Klauen sich mit dem Alter zurückbildet. Durch die funktionelle Klauenpflege, dem Anpassen der Aussenklaue an die Innenklaue, wird der Ballen der Aussenklaue daher stark erniedrigt. Das Verhältnis von Dorsalwandlänge zur Ballenhöhe wird dadurch deutlich verschlechtert und der Ballen bekommt mehr Bodenkontakt. Dies führt zu einer Fehlbelastung und kann das Auftreten einer Erosio ungulae und Dermatitis digitalis begünstigen.

Durch das Anpassen vergrössert sich auch die Sohlenfläche und der Klauenumfang der lateralen Klaue und damit die Fläche des ausgedünnten Hornes, die belastet wird. In manchen Fällen ist es daher sinnvoller, den Ballen der Aussenklauen nicht rigoros an die Höhe der

Innenklaue anzupassen, sondern eine Ungleichheit zu belassen.

Wenn beide Klauen die definierte Sohlendicke aufweisen, ragt die Aussenklaue nach distal über das Niveau der Innenklaue hinaus. Dies kann sowohl auf einer anatomischen Ungleichheit hinsichtlich der Länge von Aussen- und Innenklauen, andererseits auf einer Hypertrophie der Weichgewebe der Aussenklaue beruhen. Die Länge der Dorsalwand ist bei definierter Sohlendicke gleich. Wenn die Sohle der Aussenklaue allerdings bis auf das Sohlenniveau der Innenklaue abgetragen wird, ist die Dorsalwand an der Aussenklaue *kürzer* als an der Innenklaue. Dies spricht eher für einen anatomischen Längenunterschied.

Die Schlussfolgerung der geringeren Dorsalwandlänge lautet, dass die Aussenklauen weiter nach distal ragen als die Innenklauen. Sie werden dadurch vermehrt belastet und erkranken nachfolgend häufiger an Sohlengeschwüren und stärker an Klauenrehe als die Innenklaue.

2 Summary

Measurements of claws were taken of 80 hind limb digit specimens of cattle of different age and gender (40 finisher bulls, 20 cows < 3 years, 20 cows > 3 years). The various measurements were taken from the medial as well as the lateral claws of a hind limb. The sole thickness, defined at 5 mm at the tip and 8 mm at the heel, served as a reference value (“defined sole thickness”). The horn shoe was removed from the claw and measurements respectively performed on the corium.

Between the inner and outer claw (medial and lateral) of cattle of differing age and gender significant variations in size could be observed. The sole level surface of the lateral claw extended further distal than that of the medial. The diagonal sole length, the sole width, the bulb width, the bulb height and length, the claw length, the sole length and the sole circumference were significantly larger in the lateral compared to the medial claws. The claw measurements increased with age in the medial as well as in the lateral claws. Male cattle have a steeper and shorter dorsal wall, a shorter but wider sole and a larger bulb compared to female cattle.

The adaptation of the sole height of the lateral claw to that of the medial by means of functional trimming, leads to a significant lesser sole thickness in the lateral claw. The dorsal wall length, the bulb length and the bulb height decreased, while the sole length, the claw length and the sole width increased. Trimming increased the sole surface area and the sole circumference of the lateral claw and thereby also increased the load on the area of the trimmed horn. Consequently, functional trimming led to a significant reduction in the sole thickness of the lateral claw. Therefore the lateral claw should only be trimmed to the sole level of the medial claw if the medial claw is “high” enough. Hence it may be justified to trim the lateral claw first to avoid excessive thinning of the sole horn by adapting it to the height of the medial claw. Additionally, it was found that the bulb of the medial claw decreased in size with age, indicated by the reduction in bulb length and width. Functional trimming, if too strictly applied, may therefore lead to a considerable reduction of the strength of the lateral bulb. The bulb area coming into closer contact with the ground causes a shift of the body weight to this area, possibly favouring diseases like *erosio ungulae* and digital dermatitis. In some cases it may therefore be better not to trim the bulb of the lateral claw to the height of the medial, but to leave it slightly higher.

The variations in claw size were not only present in the horn, but also in the corium values. Consequently, not only the horn shoe, but also the inner structures of the lateral claws were

greater than those of the medial ones in all age groups. Since the size of the lateral and medial claws increase with age, this fact may not only be due to a hypertrophy of the lateral claws.

When both the lateral and medial claws had the same defined sole thickness, the lateral claw reached further distal than the medial. Since the dorsal wall length was the same in both claws at the defined sole thickness and shorter in the lateral claw after functional trimming, an anatomical difference in length, the lateral digit being longer, is probably the underlying cause.

Due to the increased length of the lateral digits, the lateral claws are subjected to greater loads than the medial ones. Subsequently the lateral digits are more frequently affected by claw diseases and more severely by pododermatitis aseptica diffusa, than the medial digits.

3 Einleitung

Erhebungen über Klauenmasse bei Rindern sind in der Literatur nicht selten zu finden (Fessler 1969). Man erhoffte sich und erhielt daraus Hinweise auf Zusammenhänge der Klauenform mit Klauenerkrankungen. In jüngerer Zeit (Kehler und Sohr 2000) wurden derartige Messungen auch als Grundlage zu einer verbesserten funktionellen Klauenpflege erhoben. Wichtige Erkenntnisse aus den Klauenabmessungen wurden auch für die Genetik abgeleitet (Huber, Distl et al. 1984; Distl 1996).

Gefunden werden konnte übereinstimmend, dass die Klauengrösse von Rindern mit dem Alter und dem Gewicht zunimmt (Fessler 1969; Andersson und Lundström 1981; Ossent, Peterse et al. 1987). Zudem wurde festgestellt, dass die Aussenklauen der Beckengliedmassen dabei deutlich grösser als die Innenklauen und deswegen für Klauenerkrankungen prädisponiert sind.

Trotz mehrerer Untersuchungen sind die in der Literatur erhobenen Klauenmasse nur bedingt vergleichbar, da entweder an ungepflegten Klauen gemessen oder kein einheitliches Referenzmass verwendet wurde. Zudem ist der entscheidende Grund für den Grössenunterschied zwischen Aussen- und Innenklaue, der zu der Prädisposition für Erkrankungen führt, bisher nicht ursächlich geklärt. Zwar sind die Theorien von Rusterholz und Toussaint allgemein akzeptiert (Rusterholz 1920; Toussaint 1985), dennoch bestehen weiterhin Unklarheiten bezüglich der letztlich zugrundeliegenden Ursache.

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es einerseits, eine fundierte, allgemein wiederholbare Methodik zur Erhebung von Klauenmassen zu schaffen und damit Referenzwerte für die Klauenpflege zu erstellen. Andererseits sollten die Klauenmasse zur Klärung beitragen, warum Aussen- und Innenklaue von Beckengliedmassen unterschiedlich gross sind.

4 Literaturübersicht

4.1 Anatomie der Rinderklaue

Die Klaue stellt das Zehenendorgan bei den Paarzechern dar. An jedem Fuss können zwei Hauptklauen und zwei Afterklauen unterschieden werden. Die Hauptklaue ist an der dritten und vierten Zehe, die Afterklaue an der zweiten und fünften Zehe ausgebildet. Die Afterklauen sind viel kleiner, aber ähnlich den Hauptklauen aufgebaut; sie haben nur in Ausnahmefällen eine Stützfunktion. Als Klaue bezeichnet man alle Strukturen, die sich im verhornten Klauenschuh befinden. Dazu gehören das Klauenbein, der distale Abschnitt des Kronbeines, das Klauensesambein, der Bandapparat der Gelenke sowie die Endabschnitte der Streck- und Beugesehnen mit der Bursa podotrochlearis.

Der Hautüberzug lässt sich topographisch in 5 Segmente gliedern, nämlich in Saum, Krone, Wand, Sohle und Ballen (Nickel, Schummer et al. 1992). Zusätzlich kann noch ein Zwischenklauensegment unterschieden werden (Fürst 1992). Jedes Segment kann wiederum analog zur äusseren Haut in Unterhaut (Subkutis), Lederhaut (Korium) und verhornte Oberhaut (Epidermis) unterteilt werden.

4.1.1 Knöcherne Grundlagen

Das Klauenbein hat in etwa die Form des Klauenschuhs. Es weist eine rauhe, zerklüftete Oberfläche auf. Das Klauenbein ist der Knochen, an dem wohl die meisten Umbauvorgänge, verglichen mit anderen Knochen, vorkommen, bedingt durch seine topographische Lage und die starken mechanischen Belastungen (Rusterholz 1920; Simon 1963). Man unterscheidet an ihm eine Wand-, eine Sohlen- und eine Gelenkfläche. Die Sohlenfläche ist nicht plan, sondern konkav gewölbt, sowohl in Längs- als auch in Querrichtung (Nuss 1996). Im Sohlenrand, Margo solearis, stossen Wand- und Sohlenfläche aneinander, am Kronrand, Margo coronalis, die Wand- und die Gelenkfläche. Der Kronrand ist dorsoaxial zum Streckfortsatz, Processus extensorius, nach proximal ausgezogen. An der Sohlenfläche befindet sich palmar bzw. plantar das Tuberculum flexorium, an dem die tiefe Beugesehne ihren Ansatz findet (Nickel, Schummer et al. 1992).

Das flache, etwa rechteckige Klauensesambein artikuliert sowohl mit dem Klauen- als auch mit dem Kronbein. Es verstärkt die palmare/plantare Gelenkkapselwand und dient als Gleitrolle für das Endstück der tiefen Beugesehne. Entsprechend ausgeprägt zeigen sich seine Dorsal- sowie Palmar-/Plantarseiten. Nahezu die gesamte distale Hälfte des kurzen, kräftigen Kronbeins steckt im Bereich des Hornschuhs. Die Artikulationsflächen mit dem Klauenbein sind sehr ausgeprägt, so dass eine ausgiebige Beugung und Streckung möglich und auch eine geringgradige axio-abaxiale Beweglichkeit vorhanden ist.

4.1.2 Klauenunterhaut, Subkutis

Die Klauenunterhaut überzieht das Periost des Klauenbeins in unterschiedlich starker Ausbildung. Im Bereich des Wand- und Sohlensegmentes ist die Unterhaut ein Teil des Periostes. Dadurch wird die Lederhaut sehr stark mit dem Klauenbein verbunden, besonders im Bereich der Klauenbeinspitze (Nickel, Schummer et al. 1992). Die Unterhaut liegt als Saumpolster dorsal und an der Aussenfläche den Klauenbeinen auf. Das Saumpolster geht nach distal in das dünne Kronkissen über und bildet palmar bzw. plantar das elastische Ballenpolster aus, das etwa die kaudalen zwei Drittel des Klauenbeins unterlagert (Wilkens 1963; Habermehl 1984). Das Ballenpolster hat eine bedeutende Funktion bei der Belastung der Klauen, da es federnd-elastisch wirkt. Es besteht aus drei längsgerichteten Fettkörpern, wobei der mittlere das Tuberculum flexorium unterlagert (Dietz und Heyden 1990; Lischer 2000). Straffe Bindegewebsfasern fassen die Fetteinlagerungen zu einem stossbrechendem Polster zusammen. Solche Polster sind an der abaxialen Wand und an der Klauenspitze nicht vorhanden, das Ballenpolster läuft klauenspitzenwärts flach aus (Ranft 1936; Habermehl 1984; Fürst 1992; Geyer, Fürst et al. 1998; Lischer 2000).

4.1.3 Klauenlederhaut, Korium

Die Klauenlederhaut lässt sich ebenfalls in 5 Segmente gliedern und liegt der Klauenunterhaut direkt auf. Sie hat ein charakteristisches Oberflächenrelief. Am Saum-, Kron-, Sohlen- und Ballensegment ragen Zöttchen, am Wandsegment Leistchen empor. Die Zöttchen und die auch Blättchen genannten feinen Leisten bilden die äussere Schicht des Innenteils der Klaue, die sogenannte Patrizie. Der epidermale Hornschuh entspricht der dazugehörigen Matrizie. Die

Hornbildung findet durch Epidermiszellen statt, die der Patrize aufsitzen. Durch die Zöttchen und Blättchen erfährt die Lederhaut eine immense Vergrößerung der Kontaktfläche zur Klauenoberhaut, was deren Ernährung dient und den nötigen festen Halt für das im Hornschuh aufgehängte Klauenbein gewährleistet (Geyer, Fürst et al. 1998). Die Lederhaut ist stark durchblutet und innerviert, wodurch ihr die Funktionen eines sensiblen Tast- und Ernährungsorgans zukommen (Habermehl 1984; Fürst 1992). Durch die Zöttchen und Blättchen wird die Lederhaut mit dem Hornschuh verbunden, der entsprechende Leisten aufweist. Das Horn wird an den Leisten vorbei bzw. zwischen ihnen hindurch nach distal geschoben und tritt an der weissen Linie zutage. Interzelluläre Verbindungen gewähren trotz dieses Prozesses des langsamen Vorbeigleitens (Gleithaftmechanismus) einen festen Halt. Über diese flexible Verbindung zwischen Lederhaut und Hornschuh sind die Innenteile der Klaue im Klauenschuh aufgehängt (Mülling 1993; Mülling 2003). Die Saumlederhaut tritt als 4 bis 8 mm breiter Wulst an der Klauenkrone hervor, nach distal bildet sie im palmaren bzw. plantaren Bereich die Ballenlederhaut. Dorsal sowie seitlich geht sie, durch eine Umschlagstelle begrenzt, in die Kronlederhaut über (Schwarz 1912; Zietschmann 1918; Wilkens 1963; Habermehl 1984).

4.1.4 Klauenoberhaut, Epidermis

Die Epidermis zeichnet sich durch ihre Vielschichtigkeit und Verhornung aus. Das Saum-, Kron- und das Wandhorn schieben sich in proximodistaler Richtung übereinander und bilden die sogenannte Klauenplatte. Die Verbindung der verhornten Klauenepidermis mit der Klauenlederhaut sowie ihre Ernährung wird durch den Papillarkörper gesichert (Mülling und Budras 1998). An der Klauenplatte kann man folgende Schichten unterscheiden:

Die sogenannte Glasurschicht oder Saumepidermis, die aus der Saumlederhaut hervorgeht, ist eine dünne Hornschicht, die gegen Austrocknung und Nässe schützt. Die mittlere, sehr dicke und harte Hauptschicht, die Kronepidermis, stellt die Aussenwand der Klaue, die Klauenplatte, dar. Die innere Verbindungsschicht oder Wandepidermis wird von den Epidermiszellen im Übergangsbereich des Horn- ins Wandsegment sowie von der Wandepidermis produziert und stellt die Verbindung zwischen Wandhorn und Sohlenhorn her (Habermehl 1984; Fürst 1992; Mülling 1993; Mülling und Budras 1998). Keratinfilamente und Interzellularkitt sorgen für eine feste Verbindung der Hornschichten untereinander. Das Röhrchenhorn über dem Ballen verläuft im Gegensatz zu den geraden

Röhrchen des Kronhorns geschlängelt; es kann sich somit elastischer der Belastung besser anpassen (Geyer, Fürst et al. 1998). Im Monat wächst das Kronhorn durchschnittlich um 5 mm, das Sohlenhorn um 3 mm und das Horn des weichen Ballens um 5-6 mm. Die Weisse Linie bildet die Verbindungsschicht zwischen dem Horn der Klauenplatte und dem Sohlen- bzw. Ballenhorn. Abaxial verläuft sie weit nach hinten und biegt ein kurzes Stück Richtung Zwischenklauenspalt ein, eine Eckstrebe andeutend (Maierl und Mülling 2004). Axial läuft sie im vorderen Drittel der Klaue aus. Das Sohlensegment liegt der Weissen Linie im Bereich der Klauenspitze innen an und nimmt dort eine halbmondförmige Fläche ein. Das harte Ballenhorn, das im klinischen Sprachgebrauch „Sohle“ genannt wird, schliesst unmittelbar daran an. Nach palmar/plantar folgt der mittlere Ballenteil, Ballenwulst genannt, der durch dickes Horn von relativ weicher Konsistenz charakterisiert ist. Nach proximal zum Saumhorn hin folgt der ähnlich wie dieses aufgebaute dritte Ballenteil, der „obere“ Ballen (Geyer, Fürst et al. 1998).

4.2 Klauenpflege

4.2.1 Geschichtliches

Schriftstücke des Altertums belegen, dass schon die Griechen und Römer die Klauen ihrer Rinder pflegten, um sie auf langen Kriegszügen vor übermässiger Abnutzung zu schützen. Cato d. Ältere (234-149 v. Chr.) empfahl, die Sohlen von Rindern mit Pech zu bestreichen, damit sie besser vor dem Durchlaufen bewahrt wurden. Columella (60 n. Chr.) und Vegetius (5. Jh. n. Chr.) beschrieben eine Anzahl therapeutischer Massnahmen, wie das Waschen der Klauen mit altem Rinderurin oder Hindurchtreiben durch heisse Holzasche, sowie das Einreiben der Ballen, der Krone und des Klauenspaltes mit altem Schweineschmalz (Belitz 1925).

Im alten Ägypten dagegen war die Klauenpflege anscheinend nicht bekannt; im Grabe des Harmhabi fand man ein Bild, das einen Mastochsen darstellt, dessen Klauen so lang sind, dass sie sich sogar kreuzen. Im Jahre 1589 erschien ein Werk des Italieners Pasquale Caracciolo, der sieben Klauenleiden beschrieb.

Vor 150 Jahren beschrieb Anker in der Schweiz zum ersten Mal die Klauenpflege, wie sie dem heutigen Verständnis als anspruchsvolle pflegerische Tätigkeit entspricht (Anker 1854).

Er beschrieb auch das sogenannte Schrot- oder Klaueneisen, das zum Kürzen der Rinderklauen benutzt wurde. Auf seinen Beschreibungen bauen viele der nachfolgend beschriebenen Verfahren auf.

4.2.2 Klauenpflegeverfahren

Fischer (1935) stellte in seinem Buch „Die Klauenpflege des Rindes“ eine Methode des Beschneidens der Rinderklauen vor, die sich seit über 50 Jahren in der Schweiz und im bayrischen Allgäu eingebürgert hatte. Das Beschneiden erfolgte am hochgehobenen Fuss oder im Stand ohne jede Zwangsmassnahme. Zuerst wurde überschüssiges Wand- und Tragerandhorn abgestemmt. Dazu bediente man sich eines Stemmeisens und eines Hammers. Das Stemmeisen war 30 cm lang und hatte eine einseitig angeschliffene Schneide von 3 cm Breite. Das Abstemmen begann am Hinterfuss an der Innenklaue. Stück für Stück wurde das Stemmeisen vom Ballen her nach vorn, zur Klauenspitze zu, weitergerückt und angesetzt, bis sich ein sichelförmiges Stück Tragerandhorn von der Wand abhob, sobald man an der Klauenspitze angelangt war. An der Aussenklaue ging man entsprechend vor (Fischer 1935). Zur Entfernung des überschüssigen Sohlenhorns wurden die Klauen mit der Spitze auf einen Holzklötz aufgesetzt und mit dem Stossmesser oder Klauenhobel zuerst die Sohle der Innenklaue bearbeitet. Der Klauenhobel war 4,5 cm breit und 12 cm lang und oben mit einem abgesetzten Holzgriff versehen. Das Sohlenhorn wurde mit dem Stossmesser, vom Ballen nach der Klauenspitze zu, scheibchenweise abgetragen, bis die Sohle auf kräftigen Daumendruck nachgab. Die langen Afterklauen kürzte man mit einer Klauenzange. Diese wurde ausserdem zum Abtragen von Teilen des Wand- und Sohlenhorns verwendet, wenn sie für die Bearbeitung mit dem Stossmesser zu hart waren. Mit dem Rinnmesser wurden noch Unebenheiten der Sohle, die durch die Bearbeitung mit dem Stossmesser entstanden waren, entfernt. Mit einer Klauenraspel wurde der scharfe Tragerand der beschnittenen Klauen begradigt. Fischer (1935) war einer der ersten Wegbereiter einer systematischen Klauenpflege. Als Leiter der Dresdner Lehrschmiede bildete er Klauenpfleger aus, so dass sich das Allgäuer Verfahren in der folgenden Zeit in Deutschland verbreitete.

Schleiter (1966) beschrieb eine neue Klauenpflegetechnik mit einer langen Klauenschere, die er gegenüber der Hauklingenmethode und der Raspelmethode bevorzugte (Schleiter 1966). Ein „fleissiger und gewissenhafter Klauenpfleger“ konnte an einem Tag höchstens 20 bis 30

Rinder beschneiden; mehr ging mit einer Qualitätseinbusse der geleisteten Arbeit einher (Fischer 1935; Schleiter 1966).

Bei den bisher genannten Klauenpflegeverfahren wurde in der einschlägigen Literatur immer wieder auf die harte körperliche Arbeit hingewiesen. Deswegen entwickelten Frick, Martin sowie Sticha schon in den zwanziger Jahren des 19. Jahrhunderts Maschinen zur leichteren Bearbeitung von Huf- und Klauenhorn; diese bestanden aus Fräsköpfen, die mittels einer Haarschneidemaschine betrieben werden konnten.

Mit Erfolg schloiff Knezevic (1962) auch die sehr harten Vorderklauen mit einer einfachen Tellerschleifmaschine ab; er betonte allerdings, dass eine sachgemässe Klauenkorrektur alleine mit diesem Gerät nicht möglich war (Knezevic 1962). Zusätzlich verwendete er ein Rinnmesser. Probleme sah er in der entstehenden Reibungswärme und dem dadurch bedingten Verschmoren des Hornes .

Eine Untersuchung über eine Winkelschleifmaschine für die Klauenpflege führte Steinwand (1976) durch. Er pflegte Klauen mit Klauenzange und Rinnmesser und mit der Schleifmaschine. Durch diese Technik konnte er die Pflegezeit pro Klauenpaar im Vergleich mit der herkömmlichen Methode um durchschnittlich eine Minute auf fünf Minuten verkürzen (Steinwand 1976). Als störend erwähnte Steinwand (1976) die Staub- und Lärmentwicklung.

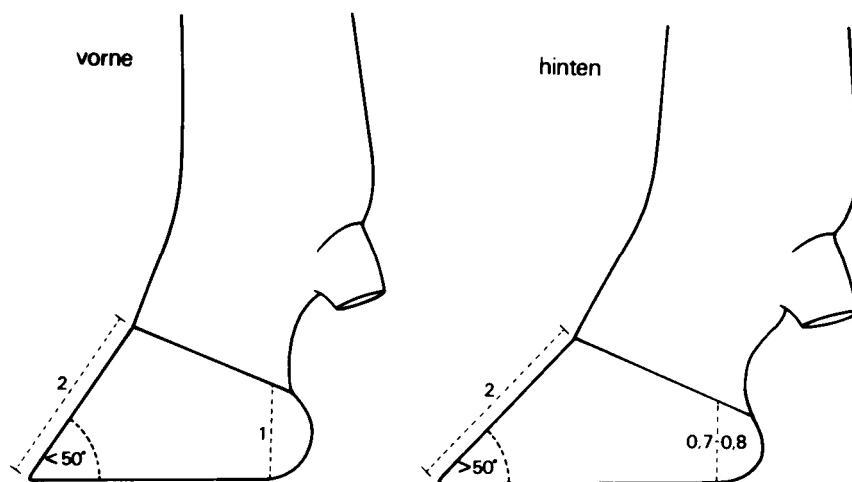
Für industriell betriebene Grossanlagen entwickelte Günther (1974) ein elektromechanisches Klauenpflegegerät mit Hängemotor und einer Biegewelle, die einen becher- oder kegelförmigen Fräskörper, bestehend aus dünnwandigem Stahl antrieb (Günther 1974). Heyden und Dietz berichteten im Jahr 1983 über ein maschinelles Klauenpflegegerät, das sich für die Pflege grösserer Rinderherden eignete (Heyden und Dietz 1983). Mit dem elektromechanischen Gerät konnte aufgrund seiner Leistungsparameter auch bei starkem Sohlenhorn in knapp einer Minute eine „ordnungsgemässe“ Klauenkorrektur durchgeführt werden. Der Fräskopf war mit acht Messern besetzt, die nachgeschärft und bei Verschleiss ausgetauscht werden konnten. Die Neuentwicklung einer hydraulischen Klauenzange stellte Meermann vor. Das Gerät wog insgesamt 50 kg, wobei 4 kg auf die Klauenzange entfielen. Die Zangenbacken entsprachen nach Grösse, Form und Öffnungswinkel den auf dem Markt befindlichen, manuell zu bedienenden Klauenzangen (Meermann 1987).

In ihrem Bericht über Untersuchungen in Milchviehanlagen betonten Heyden und Meyen (1980) die Bedeutung der gut gewölbten Sohle. Ihrer Meinung nach konnte ein Rind mit

planer Sohle dem Sohlendruck nur ausweichen, wenn es durch X- oder breitbeinigen Gang versuchte, auf dem medialen oder lateralen Klauentragerand zu laufen (Heyden und Meyen 1980). Damit sei jedoch eine gleichmässige Abnutzung der Klauen nicht mehr gewährleistet. Heyden und Meyen (1980) forderten deswegen für Laufstallanlagen eine gut ausgewölbte Sohle.

Die holländische Klauenpflegemethode (Toussaint Raven 1985; Toussaint Raven 1989) wurde an im Laufstall gehaltenen Rindern, die ein weiches Horn aufweisen, ohne technische Hilfsmittel mit einer Klauenzange sowie Klauenmessern durchgeführt.

In seinem Buch über Klauenerkrankungen beim Rind, zeigte Becker (1983) eine Abbildung zu den Wandlängen und Winkelverhältnissen an den Klauen, die als Orientierungshilfe beim Klauenbeschneiden dienen sollte (Becker 1983) (Abb. 1).



**Abb. 1: Wandlängen- und Winkelverhältnisse an den Klauen von Schulter- und von Beckengliedmassen
Becker (1983)**

Gleichzeitig aber betonte er, dass die Formen und die Grösse der Klauen, selbst bei den Klauen des gleichen Beines, erhebliche Abweichungen und Unterschiede voneinander aufweisen konnten.

Beim Zurichten der Klauen verfolgte Schneller (1984) folgende Ziele: Klauenvorder- und Seitenwand sollten mit einer waagerechten Standebene einen Winkel von etwa 50 Grad bilden. Das Längenverhältnis Vorderwand zu Trachtenwand sollte etwa 2:1 betragen und die Dicke der Klauenplatte etwa 0,5 cm (Abb. 2) (Schneller 1984).

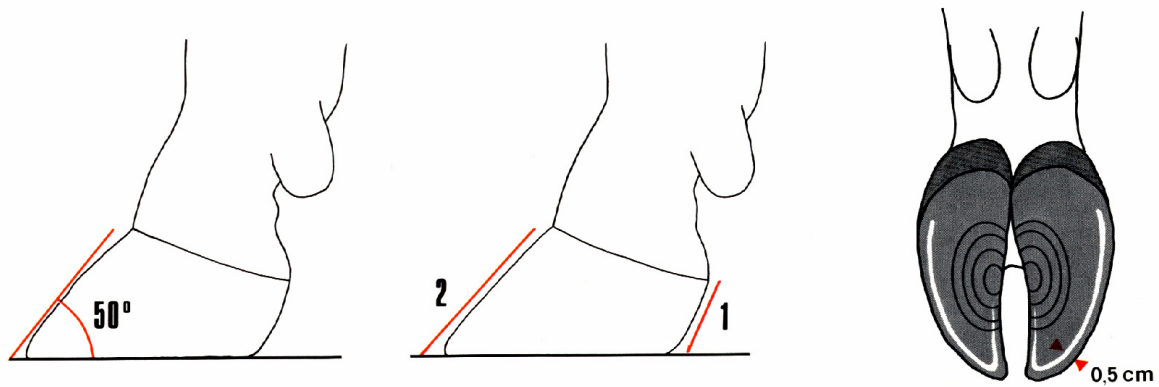


Abb. 2: Schematische Darstellung der Klauenmasse durch Schneller (1984)

Prietz (1986) beurteilte eine Normalklaue nach folgenden Merkmalen: Die Grösse der Klaue sollte der Entwicklung des Tieres entsprechen. Beide Klauen einer Gliedmasse waren idealerweise etwa gleich gross, hoch und breit. Der Winkel, der von der Vorderwand und Klauensohle gebildet wurde, betrug 45 – 60 Grad. Das Verhältnis von Vorderwandlänge zu Trachtenwandlänge gab er mit 2 : 1 an (Prietz 1986).

Eine als normal zu bezeichnende Klaue bei einem etwa 500- 700 kg schweren Rind hatte nach der Meinung von Clemente (1989) eine Länge der Vorderwand von 80 - 90 mm, eine Länge der Trachtenwand von 40 – 50 mm, eine Länge der Hornsohle (Fussungsfläche) von 100 – 130 mm und eine Breite der Hornsohle von 40- 60 mm. Das Verhältnis Dorsalwand : Trachtenwand betrug 1,6 – 2,0 : 1, die Grösse des Verhältnisses von Dorsalwand zur Sohlenlänge gab er mit 1,0 : 1,3 an (Clemente 1989).

Für Toussaint Raven (1989) war die Dorsalwandlänge vom technischen Standpunkt aus der wichtigste Ausgangspunkt für die Klauenpflege. Die normale Dorsalwandlänge hing vom Alter und von der Rasse des Rindes ab. Für ein erwachsenes, schwarzbuntes Rind seien 7,5 Zentimeter ein ganz gutes Mass. Die Schwierigkeit, die Klauenpflege zu lehren, kommt in den Ausführungen von Toussaint Raven zum Ausdruck (Toussaint Raven 1989) „Die normale Länge lässt sich noch am sichersten als die Länge, die zwischen zu kurz und zu lang liegt, schätzen. Zu kurze oder zu lange Dorsalwandlängen sind am stehenden Tier recht einfach und zudem ziemlich eindeutig zu beurteilen. Zwischen zu kurz oder zu lang liegt, mit einiger Variation, welche die Pediküre nicht wesentlich beeinflusst, die normale Länge“. Die Innenklaue der Hintergliedmasse hat jedoch so ziemlich ihre normale Form behalten, die Aussenklaue der Hintergliedmasse weicht dagegen meistens in Länge und Form ab. Die

Länge der Dorsalwand wäre darum so eine wichtige Grösse, weil sie etwas über die Dicke der Sohle aussagte, insbesondere über die Dicke des vorderen Teiles der Sohle. Bei einer normalen Länge und einer normalen Form einer gesunden Klaue sollte die Dicke des Sohlenhornes zwischen 5 und 7 mm betragen. Weiter schreibt Toussaint Raven, dass bei einer normalen Länge und einer einigermaßen normalen Form das Horn im vorderen Teil der Sohle 5 bis 7 mm dick sei; die Dicke nach hinten zum Ballen zu konnte mit der Höhe aber zunehmen. Die unterschiedliche Höhe zwischen Aussen- und Innenklaue der Hintergliedmasse beurteilte er, indem man am aufgehobenen Fuss über den Fersenhöcker entlang der Sohlenfläche der Klauen nach unten schaute. Für die richtige Beurteilung mussten die Kronränder der Klauen ungefähr auf gleicher Höhe sein. Diesen Zustand erreichte er, indem er die Dorsalwände nebeneinander auf die Hand legte.

Das Ballengebiet an der Innenklaue sollte so wenig wie möglich beschnitten werden. Die Aussenklaue war gleich hoch zu schneiden wie die Innenklaue, jedoch unter Beibehaltung von möglichst starker Sohle und Ballen. Die Innenklaue musste so hoch wie möglich belassen werden. Wenn man die Innenklaue genügend hoch liess, brauchte man danach die Sohle der Aussenklaue nicht dünn zu machen. Die Sohlenfläche der Aussenklaue sollte auf das Mass der Innenklaue mit dem Klauenmesser geschnitten werden, bis die Tragflächen in einer Ebene senkrecht auf der Röhreibeinachse zu stehen kamen. Wenn die Innenklaue hoch genug gelassen wurden, war dies fast immer möglich, ohne die Sohle der Aussenklaue zu dünn zu machen. Oft war es nach Ansicht von Toussaint Raven auch möglich, unter Kontrolle des Daumendruckes, die Aussenklaue zum Ballengebiet hin etwas niedriger zu machen als die Innenklaue. Zugunsten der Aussenklaue würde dann die Innenklaue etwas mehr Gewicht tragen, wodurch diese ihre wohlverdiente Ruhe bekäme.

4.3 Erhebung von Klauenmassen

Nach Wyssmann (1902) war die Hornsohle der Rinderklaue durchschnittlich 6- 7 mm dick. Das „Zehenballenhorn“ erreichte in der Mitte der Sohlenfläche eine Dicke von 6 mm, konnte aber nach hinten auf 9 mm ansteigen (Wyssmann 1902). Er beschrieb jedoch keinerlei Messmethoden oder Instrumente, die zu Messung benutzt wurden; ebenfalls erfolgten keine näheren Angaben über die untersuchten Rinder oder darüber, ob es sich um einen Vorder- oder Hinterfuss handelte. Auch Fischer (1935) mass die Dicke der Klauensohle. Er bohrte mit einem Drillbohrer an drei verschiedenen Stellen der Hornsohle ein Loch. An diesen nahm er dann mit einem dünnen Draht im Bohrkanal die Messung vor. Die drei Messpunkte befanden

sich in der Mitte des Ballens, in der Mitte der Sohle und in Höhe der Klauenbeinspitze. Er führte die Untersuchungen ohne vorherige Klauenpflege an 34 Rinderfüssen (15 Vorder- und 19 Hinterfüsse) von 16 verschiedenen Rindern im Alter von 7 Monaten bis 10 Jahren durch. An den verschiedenen Löchern ermittelte er Sohlendicken von 0,3 bis 4,1 cm (Fischer 1935). Im Jahr 1966 untersuchte Fessl die Klauen von 10 Bullen der Rassen Österreichisches Fleckvieh, Braunvieh und Waldviertler Blondvieh und verglich diese mit einem 25-jährigen Yakbullen des Tiergartens Wien- Schönbrunn. Die Bullen hatten ein Gewicht von ca. 600 bis 700 kg und waren ca. 1,5 – 2 Jahre alt (Fessl 1966). Fessl hielt die unterschiedlichen Wandstärken an der Klauenkante, am Übergang der Zehen- in die Seitenwand, am Übergang der Seiten- in die Trachtenwand und in der Mitte der Zwischenklauenwand und die dazugehörigen Winkel fest. Nach orthopädischer Klauenkorrektur erfolgte die Messung des Dorsalwandwinkels. An den Vorderklauen wurden Durchschnittswerte von 53 bis 56 Grad gemessen und an den Hinterklauen Durchschnittswerte von 48 bis 51 Grad. Beim Yak waren die Werte für den Dorsalwandwinkel grösser; an den Vordergliedmassen zwischen 56 und 59 Grad und an den Hintergliedmassen 61 bis 64 Grad.

Drei Jahre später führte Fessl (1969) eine ausführliche Untersuchung an Klauen von Rindern der Rasse Österreichisches Fleckvieh, Braunvieh und Pinzgauer durch (Fessl 1969). Von diesen drei Rassen wurden je 115 Tiere, und damit insgesamt 2760 Klauen auf Länge, Breite und Bodenfläche hin untersucht. Die Messungen erfolgten an den Vorder- und Hintergliedmassen und zwar sowohl an den Innen- als auch an den Aussenklauen. Die Tiere wurden in 6 Gruppen nach Alter und Gewicht eingeteilt. Diese bestanden aus Kalbinnen, Kühen von 400 – 500 kg Körpergewicht, Kühen von 500 – 600 kg, Kühe von 600 – 700 kg, Jungstieren (15 – 18 Monate) und Altstieren (über 3,5 Jahre). Vor den Messungen wurden die Klauen gepflegt. Damit ein gleichartiger Korrekturzustand vorlag, wurde bei den noch unkorrigierten Klauen mit dem Rinnmesser sowohl im Ballenteil als auch an der Klauenspitze eine „Hornlücke“ gesetzt und dann die Sohlendicke mit Hilfe einer Schublehre gemessen. Die Korrektur erfolgte mit einer Tellerschleifscheibe bis auf eine Sohlenhornstärke von 8 mm bei den Altstieren, bei den übrigen Tieren auf 6 mm; es wurde eine plane Sohlenfläche hergestellt. Dabei ermittelte Fessl für die Sohlenlänge Werte zwischen 113,25 mm und 136,36 mm, für die Sohlenbreite Werte zwischen 42,25 mm und 72,17 mm und für die Bodenfläche Werte zwischen 41,55 cm² und 82,73 cm². Fessl (1969) stellte fest, dass an den Hintergliedmassen die lateralen Klauen grösser waren als die medialen, am deutlichsten in der Gruppe der

Altstiere. An den Vordergliedmassen bestanden diesbezüglich nur geringe Unterschiede zwischen lateraler und medialer Klaue (Fessl 1969).

Die Grösse der Belastungsfläche und den Vorderwandwinkel untersuchten Günther et al. (1970) bei 21 Besamungsbullen der Rasse Deutsches Schwarzbuntes Rind im Alter von zwei bis 14 Jahren. Sie verwendeten hierzu das Klauenmessgerät nach Kästner und einen Winkelmesser (Günther, Panndorf et al. 1970). Es wurden alle Klauen der Vorder- und Hintergliedmassen gemessen. Die Werte für die Belastungsfläche schwankten zwischen 40,50 cm² und 112,00 cm², und es wurden Vorderwandwinkel zwischen 40 und 60 Grad gemessen. Günther et al. (1970) kamen zu dem Ergebnis, dass die Belastungsfläche der Klauen der Vordergliedmassen im allgemeinen grösser war als die der Hintergliedmassen. Des weiteren waren die Belastungsflächen der äusseren Klauen der Hintergliedmassen grösser als die der inneren Klauen- das gleiche galt, nach diesen Autoren, auch für die Vordergliedmassen.

Schneider (1980) ermittelte die Klauenmasse von 527 Söhnen von Prüfstieren, davon 438 Tiere der Rasse Deutsches Fleckvieh (DFV) und 89 Tiere der Rasse Deutsches Braunvieh (DBV). Die Tiere waren 450-500 Tage alt und wogen zwischen 500 und 600 kg (Schneider 1980). Eine Klauenpflege wurde allerdings nicht durchgeführt. Mit einem Winkelmesser wurde der Winkel zwischen Dorsalwand und Sohlenfläche an der Innenklaue der rechten Hintergliedmasse gemessen. Das Längenverhältnis von Dorsalwand zu Trachtenwand ermittelte er aus dem Abstand zwischen Sohlenfläche und Kronsaum an der Dorsalwand bzw. an den Trachten; dieser wurde mit einer Schublehre an beiden Klauen der rechten Hintergliedmasse gemessen (Tab. 1). Die Bestimmung der Sohlenfläche nahm Schneider (1980) an beiden Klauen der rechten Hintergliedmasse vor.

Tab. 1: Ergebnis der Messungen der Jungbullen der Rasse Deutsches Fleckvieh (Schneider 1980)

	Hintergliedmasse, mediale Klaue	Hintergliedmasse, laterale Klaue
Dorsalwandwinkel (Grad)	60- 61	60-61
Längenverhältnis Dorsalwand/Trachtenwand	1:1,7- 1:1,8	1:1,5-1:1,6
Sohlenfläche (cm ²)	42	50

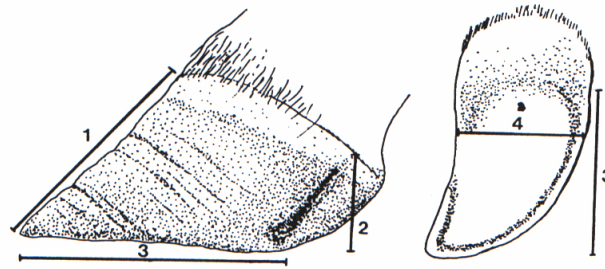
Die Messungen an den Tieren der Rasse Deutsches Braunvieh ergaben einen grösseren Wert für die Parameter Dorsalwandwinkel und Sohlenfläche. Das Längenverhältnis Sohlenwand/Trachtenwand war jedoch kleiner als beim Deutschen Fleckvieh.

Weitere umfangreiche Untersuchungen aller 8 Hauptklauen an 135 Rindern der Österreichischen Fleckviehrasse wurden von Fessl (1980) durchgeführt. Er teilte die Rinder in 12 Gruppen nach Alter, Geschlecht und Gewicht ein und führte Messungen an lebenden und geschlachteten Tieren durch (Fessl 1980). Die Klauen wurden vor den Messungen orthopädisch korrigiert. Da es besonders für die Dorsalwandlänge, die Länge und Breite der Sohle sowie für die Bodenfläche von grosser Bedeutung war, wie stark die Hornsohle korrigiert wurde, korrigierte er die Klauen bei den 5 - 7 Wochen alten Kälber auf eine Sohlenstärke von 3 mm und bei den übrigen auf 6 mm. Die Sohlendicke kontrollierte er bei den Klauen geschlachteter Tiere, indem er mit dem Rinnmesser sowohl im Ballenteil als auch an der Klauenspitze eine „Hornlücke“ setzte und mit der Schublehre die Sohlenstärke mass. Die lebenden Tiere wurden nach den hierbei gewonnenen Erfahrungswerten korrigiert. Die Messungen der Wandlängen, Länge und Breite der Sohle erfolgten mit einem aufrollbaren Massstab oder mit einem Stechzirkel. Die Wandlängen wurden jeweils vom Beginn des Saumbandes bis zum entsprechenden Punkt des Tragrandes gemessen. Die Winkelmessungen wurden mit einem speziellen Winkelmesser durchgeführt. Bei der Vermessung der Sohlenfläche wurde zunächst der Umriss der korrigierten Klauen auf ein Blatt Papier gezeichnet und um diese Umrissform ein Rechteck gezeichnet, dessen Seiten die Konturen tangierten. Als Länge der Klaue wurde die Länge dieses Rechteckes angegeben. B1 stellte die maximale Breite des axialen Klauenabschnittes, B2 die des abaxialen Abschnittes dar. B1 und B2 stellten die Gesamtbreite der Klaue dar. Die Gesamtsohlenfläche wurde dann auf planimetrischem Wege gemessen.

Messungen an den Klauen der Hintergliedmassen wurden auch von Andersson und Lundström (1981) durchgeführt (Tab. 2). Sie untersuchten Klauen von 594 Tiere der Rassen Schwedisch-Friesische Rinder (241 Tiere) und Schwedisch Rot-Weisse Rinder (353 Tiere). Alter und Gewicht der Tiere wurden aufgezeichnet. Gemessen wurden die Dorsalwandlänge, die Trachtenwandhöhe, die Sohlenlänge und die Sohlenbreite; das Verhältnis zwischen Dorsalwandlänge und Trachtenwandhöhe wurde berechnet (Abb. 3).

Diese Autoren sahen die Sohlenbreite als unzuverlässiges Mass an, weil die Referenzpunkte fehlten. Sie empfahlen, nur einen Vorder- und Hinterfuss zur Messung heranzuziehen, weil ihre Werte mit denen der anderen Seite übereinstimmten (Andersson und Lundström 1981).

Sie fanden, dass der Ballen der lateralen Klaue der Hintergliedmassen im Schnitt 8,4 mm höher als der der medialen war.



1. Dorsalwandlänge, 2. Trachtenwandhöhe, 3. Sohlenlänge, 4. Sohlenbreite

Abb. 3: Schematische Darstellung der Klauenmasse (Andersson und Lundström 1981)

Tab. 2: Messungen an Klauen von 594 Tieren (Andersson und Lundström 1981):

	Klauen der Beckengliedmassen	
	mediale Klauen	laterale Klauen
Dorsalwandlänge mm	84,8	85,6
Trachtenwandhöhe	34,2	42,6
Sohlenlänge	103,7	110,3
Sohlenbreite	44,4	49,2
Dorsalwandlänge/Ballenhöhe	2,54	2,05

Sie stellten fest, dass die Klauengrösse stetig mit dem Alter zunahm. Andersson und Lundström (1981) vermuteten aufgrund der markanten Überrepräsentation der Läsionen an den Aussenklauen der Beckengliedmassen einen anatomischen oder mechanischen Unterschied zwischen Aussen- und Innenklaue (Andersson und Lundström 1981).

Martig et al. (1983) untersuchten 207 Simmentaler Kühe und massen dabei die Länge und Breite der medialen und lateralen Klauen, sowie den Dorsalwandwinkel vor und nach der Klauenpflege. Dabei beschränkten sie sich auf die Hintergliedmassen. Es erfolgte keine Angabe über die Messmethoden. Der Winkel vor der Klauenpflege betrug an der lateralen Klaue im Durchschnitt 44,5 Grad und an der medialen Klaue 45,9 Grad. Durch die Pflege wurde der Dorsalwandwinkel um 5- 6 Grad steiler, was gegenüber dem Wert vor dem Beschneiden eine Zunahme von 10- 12 % ausmacht (Martig, Leuenberger et al. 1983).

In ihren Untersuchungen über die Entwicklung der Klauenform von Jungbullen im Alter von 6 – 12 Monaten führten Huber et al. (1984) Messungen des Körpergewichts, der Sohlenfläche, des Sohlenumfangs, der Sohlenflächenbelastung pro cm², der Dorsalwandwinkelung, der Dorsalwandlänge, Trachtenwandlänge (Abb. 4 und 5), Berechnungen des Längenverhältnisses sowie die Messung der Dorsalwandhärte durch. Die Untersuchungen wurden an 235 Deutschen Fleckviehbullen im Alter von 6, 9 und 12 Monaten vorgenommen (Huber, Distl et al. 1984). Die erste Klauenpflege erfolgte erst kurz nach der letzten Messung.

Die Werte der Sohlenfläche der Innen- und Aussenklauen waren an den Vordergliedmassen signifikant grösser als die entsprechenden Werte der Hintergliedmassen. Auch die Sohlenflächenbelastung war an den Vordergliedmassen deutlich grösser als an den Hintergliedmassen. Die Dorsalwandlänge, Trachtenwandlänge und Sohlenfläche nahmen im Laufe des Körperwachstums zu. Der Vorderwandwinkel nahm jedoch mit zunehmendem Körpergewicht ab, was als eine Entwicklung in Richtung einer Stallklaue gedeutet wurde.

Die ermittelte Sohlenfläche ergab auch die Bodenberührungsfläche der Klaue. Das Tier wurde dazu in seiner Laufbox langsam über eine Gummimatte, die leicht befeuchtet und dünn mit feinem Sägemehl bestreut war, getrieben. Die Stellen, auf denen das Tier die Matte berührt hatten, zeichneten sich dunkel gegenüber der übrigen Fläche ab. Es wurde nun eine Plexiglasplatte in geringen Abstand über die Abdrücke gebracht und auf die Platte eine Tageslichtschreiberfolie gelegt. Mit einem Folienschreiber wurde der Abdruck nun auf die Folie übertragen.

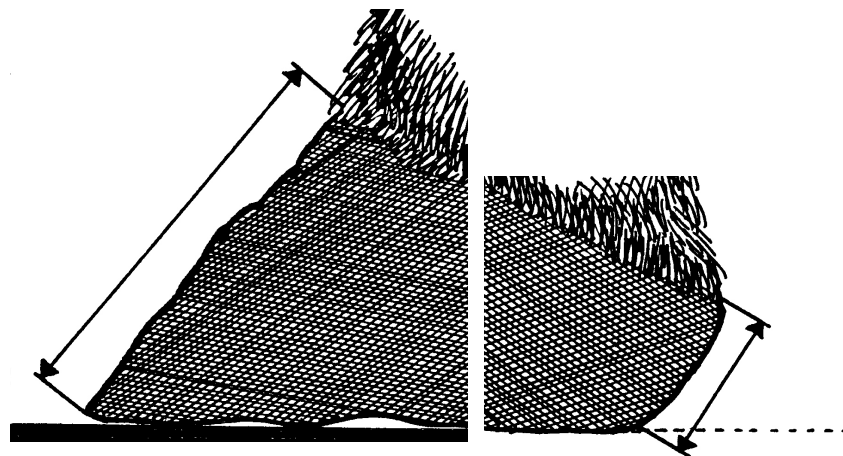


Abb. 4: Bestimmung der Dorsalwandlänge und der Trachtenwandlänge (Huber et al. 1984)

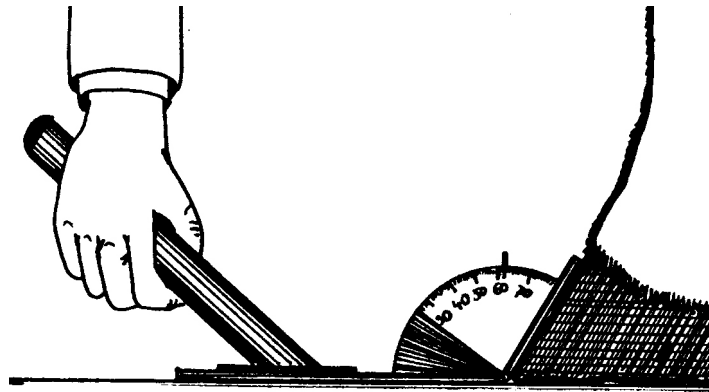


Abb. 5: Messung des Dorsalwandwinkels (Huber et al. 1984)

Die Auswertung und Vermessung erfolgten an einem Planimetriertisch, einem elektronischem Gerät. Nach Huber et al. (1984) gab es bei den Messwerten für die Dorsalwandlänge und den Vorderwandwinkel keine signifikanten Unterschiede zwischen Vorder- und Hintergliedmasse. Die Trachtenwandlängen (Ballenlängen) jedoch unterschieden sich signifikant zwischen Vorder- und Hintergliedmassen, wobei die Trachtenwandlängen an der vorderen Extremität grösser waren als die an der hinteren Extremität (Tab. 3).

Die Sohlenfläche der Aussenklauen war sowohl an den Becken- als auch an den Schultergliedmassen grösser.

Tab. 3: Mittelwerte für Klauenmasse (Huber, Distl et al. 1984)

	Vordergliedmasse	Hintergliedmasse
Dorsalwandlänge	6,54 cm	6,47 cm
Trachtenwandlänge	4,02 cm	3,38 cm
Dorsalwandwinkel innen	53,07 Grad	53,72 Grad
Dorsalwandwinkel aussen	53,52 Grad	54,20 Grad
Sohlenfläche innen	29,87 cm ²	25,98 cm ²
Sohlenfläche aussen	30,99 cm ²	28,15 cm ²
Längenverhältnis:	1:1,66	1:1,94
Dorsalwand/ Trachtenwand		

Baumgartner (1988) untersuchte Klauenparameter von 725 Jungkühen in ihrer ersten Laktation, die von 18 Jungbullen abstammten. Zusätzlich führte er Untersuchungen an 1213 Vergleichstieren durch (Baumgartner 1988). Erfasst wurden folgende Klauenmasse an beiden Klauen einer linken Vorder- und linken Hintergliedmasse: Dorsalwandlänge, Dorsalwandwinkel, Trachtenwandlänge, Trachtenhöhe und die Sohlenfläche (Tab. 4 und Abb. 6).

Die Messung des Dorsalwandwinkels erfolgte mit einem Präzisionswinkelmesser. Die Trachtenhöhe entsprach dem Lot, das vom oberen Messpunkt, dem Übergang Ballenhaut-Ballenhorn an der am weitesten kaudal gelegenen Stelle des Ballens, auf den Boden gefällt wurde. Analog zur Trachtenwandlänge und Dorsalwandlänge wurde die Messstrecke mit einem Stechzirkel abgegriffen und mit einem Meterstab quantifiziert. Das Vermessen der Sohlenfläche erfolgte wie bei Huber et al. (1984) durch Gewinnen eines Klauenabdrucks auf einer präparierten Gummimatte, dessen Übertragung auf Folie und die anschließende Vermessung auf einem Planimetriertisch.

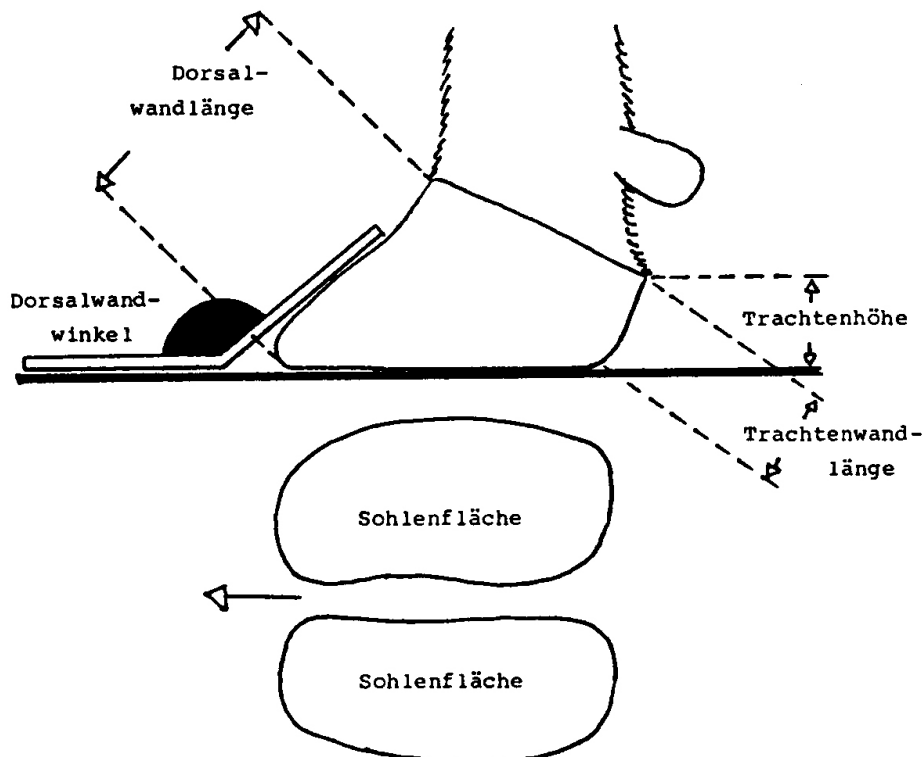


Abb. 6: Erhebung von Klauenmassen (Baumgartner 1988)

Tab. 4: Klauenmasse Hintergliedmasse der 725 Töchter (Baumgartner 1988)

	Mediale Klaue	Laterale Klaue
Dorsalwandlänge (mm)	79,5	80,1
Dorsalwandwinkel (Grad)	45,9	45,9
Trachtenwandlänge (mm)	35,6	35,6
Trachtenwandhöhe (mm)	27,7	27,7
Sohlenfläche (cm²)	37,3	43,9

Im Durchschnitt gab es keine Unterschiede in den Klauenmassen zwischen den Töchtern und den Vergleichstieren. Lediglich die Trachtenwandlänge an der lateralen Klaue des Hinterfusses überschritt die Differenz von einem Millimeter.

Verschiedene Klauenmasse von Kühen der Rasse Deutsche Schwarzbunte ermittelten Distl und Schmid (1994). Die Messungen wurden an 28 Tieren durchgeführt, die ganzjährig in einem Liegeboxenlaufstall aufgestellt waren (Distl und Schmid 1993).

Zu Beginn ihrer Untersuchungen betrug der Dorsalwandwinkel an der Vordergliedmasse zwischen 41,8 und 48,9 Grad und an der Hintergliedmasse zwischen 43,1 und 51,6 Grad. Die Dorsalwandlänge schwankte zwischen 65,5 mm und 74,7 mm an den Vordergliedmassen und zwischen 64,1 mm und 73,5 mm an den Hintergliedmassen. Die Trachtenwandlänge, -höhe und Diagonale waren an der Vordergliedmasse grösser als an der Hintergliedmasse.

Bei der Trachtenwandlänge ermittelten sie an den vorderen Gliedmassen Messwerte zwischen 36,4 mm und 48,1 mm; an den hinteren Gliedmassen zwischen 32,5 mm und 44,3 mm. Werte für die Trachtenhöhe reichten vorn von 29,4 mm bis 39,1 mm und hinten von 25,7 mm bis 37,2 mm. Die Länge der Fussungsfläche schwankte vorn zwischen 91,6 mm und 116,3 mm, und hinten zwischen 99,7 mm und 117,3 mm.

Für die Breite der Fussungsfläche wurden an der Vordergliedmasse Werte zwischen 47,9 und 58,1 mm und an der Hintergliedmasse Werte zwischen 45,7 mm und 57,3 mm gemessen. Per Skizze wurden die Messpunkte der einzelnen Parameter aufgezeigt, jedoch fehlt die detaillierte Beschreibung ihrer Lage und der Messtechnik (Abb. 7).

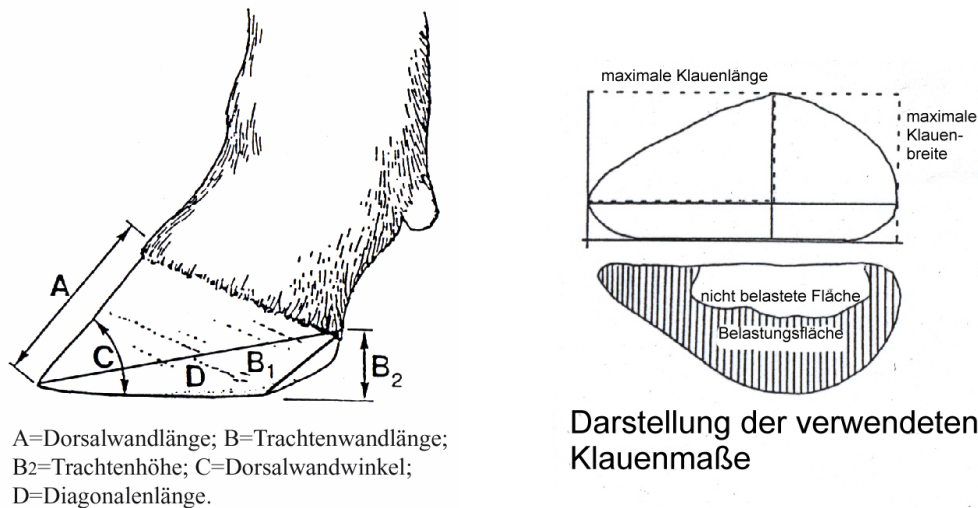


Abb. 7: Erhebung von Klauenmassen nach Distl und Schmid (1994)

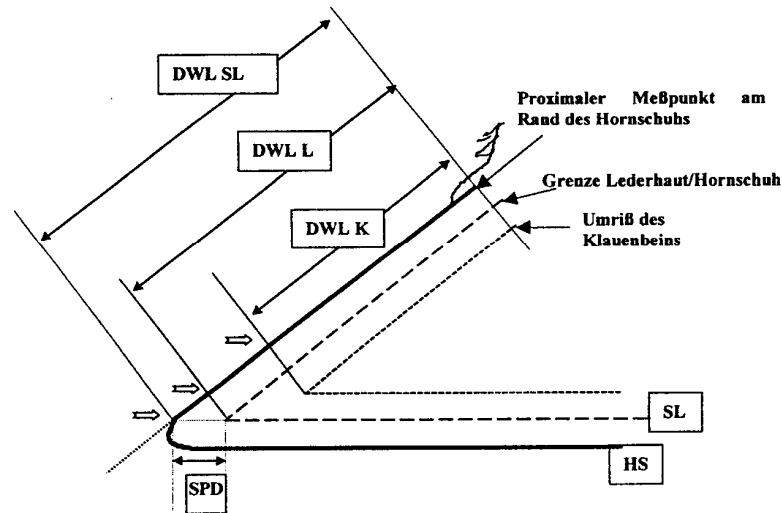
Untersuchungen an den Klauen der Beckengliedmassen von 234 Tieren der Rasse Deutsche Schwarzbunte wurden von Sohrt (1999) durchgeführt. Die Tiere wiesen ein Mindestalter von 2 Jahren auf und wurden in 5 Altersklassen eingeteilt. Die Unterfüsse wurden tiefgefroren und im gefrorenen Zustand ein Sagittalschnitt von der Klauenspitze bis zum Kronsaum an der lateralen und medialen Klaue durchgeführt. Die Schnittführung erfolgte im Abstand von 2 cm parallel zur Mitte des Zwischenklauenspaltes (Sohrt 1999).

Das Vermessen der Klaue erfolgte nach einer zweistündigen Auftauphase bei Zimmertemperatur – jede Messung wurde dreimal durchgeführt und anschliessend ein Mittelwert gebildet. Die Messungen erfolgten mit einer Schublehre aus Metall mit einer Ablesegenauigkeit von 0,05 mm.

Sohrt (1999) mass drei verschiedene Dorsalwandlängen: Die Dorsalwandlänge über dem Klauenbein, die Dorsalwandlänge über der Lederhaut und die Dorsalwandlänge über der Sohlenlederhautlinie. Der obere Messpunkt war für alle Dorsalwandlängen einheitlich. Er stellte den Übergang von der elastischen Haut des Kronsaums zum harten Hornschuh dar.

Als sonstige Masse und Hilfslinien wurde die Sohlenlederhautlinie und die Spitzendicke genannt (Abb. 8). Ersteres stellte eine Tangente dar, die an die äusserste Begrenzung der Sohlenlederhaut angelegt wurde. Sie diente als Hilfslinie zur Darstellung der Ebene der äusseren Sohlenlederhaut an der Dorsalwand. Der Schnittpunkt mit der Dorsalwand stellte den apikalen Messpunkt der Spitzendicke dar sowie den distalen Messpunkt von der Dorsalwandlänge über der Sohlenlederhautlinie. Die Spitzendicke ist die Hornwanddicke im Spitzenbereich und wurde als kürzester Abstand zwischen dem apikalen Ende der Lederhaut und dem Schnittpunkt von der Sohlenlederhautlinie mit der dorsalen Hornwand gemessen.

Bezüglich des geraden (senkrecht zur Sohle) oder schrägen Kürzens (senkrecht zur Dorsalwand) der Dorsalwand, ergaben sich bei einer Mindestspitzendicke von 0,7 cm auch zwei Möglichkeiten zur Berechnung der optimalen Dorsalwandlänge.



Sagittalschnitt durch eine Rinderklaue zur Verdeutlichung der Dorsalwandlängenmaße und der Spitzendicke.

DWL K Dorsalwandlänge Klauenbeinspitze, **DWL L** Dorsalwandlänge Lederhautspitze, **DWL SL** Dorsalwandlänge Sohlenlederhautebene, **SPD** Spitzendicke, **SL** Sohlenlederhautlinie, **HS** Hornsohle, **SL** Sohlenlederhautebene (äußere Begrenzung der Sohlenlederhaut, durch Tangente begradigt)
 ⇒ Kennzeichnung der distalen Meßpunkte für DWL K, DWL L und DWL SL

Abb. 8: Schemazeichnung zur Darstellung der an den durchgesägten Aussenklauen erhobenen Klauenmasse (Sohrt 1999; Kehler und Sohrt 2000)

Sohrt (1999) sowie Kehler und Sohrt (2000) geben an, dass die für die funktionelle Klauenpflege beschriebenen 7,5 cm als Dorsalwandlänge ein gutes Richtmass für mittelalte und mittelschwere Tiere darstellen. Bei einigen alten und schweren Tieren wurde allerdings die vorgegebene Mindestspitzendicke von 7 mm unterschritten, was dazu führen konnte, dass die Lederhautspitze insbesondere bei starker Abnutzung gefährdet wäre. Bei alten und schweren Tieren sollte man deswegen die Dorsalwand etwas länger und bei jüngeren Tieren etwas kürzer schneiden (Kehler und Sohrt 2000).

Die Dorsalwandlänge hatte bei schrägem Kürzen im Durchschnitt 3 mm länger als beim geraden Kürzen der Klaue zu sein. Unter Praxisbedingungen brachte aber das Entfernen eines zusätzlichen Sohlenteils keine Vorteile und die Abschätzung der tatsächlichen Sohlendicke an der schrägen Schnittfläche bereitete mehr Schwierigkeiten als beim geraden Kürzen.

Tab. 5: Vergleich der Dorsalwandlängen (DWL) zwischen Innen- und Aussenklauen (Sohrt 1999)

	Aussenklauen		Innenklauen	
	Mittelwert	Min/Max	Mittelwert	Min/Max
DWL Klauenbein	5,60	4,90/6,40	5,60	5,00/6,40
DWL Lederhautspitze	6,50	5,80/7,40	7,34	5,80/7,50
DWL optimal für gerades Kürzen	6,76	5,81/7,53	7,63	6,05/7,75
DWL optimal für schräges Kürzen	7,17	6,50/8,10	8,01	6,50/8,20

Sohrt (1999) verglich die Werte seiner Messungen der unterschiedlichen Dorsalwandlängen von den Innenklauen mit denjenigen der Aussenklauen und stellte keine Unterschiede bezüglich der Dorsalwandlängen fest (Tab. 5). Er schloss daraus, dass die Hypertrophie der Aussenklaue in Bezug auf die Dorsalwandlänge auf eine Hypertrophie des Hornschuhs zurückgeführt werden musste (Sohrt 1999; Kehler und Sohr 2000).

Eine andere Art der Messmethode wurde von Kofler und Kübber (1999) vorgestellt. Sie führten an 100 korrigierten Rinderklauen anatomische und ultrasonographische Messungen der Sohlenhorndicke durch. Dafür untersuchten sie je 25 Paare Vorder- und Hinterklauen, nachdem sie eine plane Sohlenfläche hergestellt hatten (Kofler, Kübber et al. 1999). Die Klauen wurden bis zur Untersuchung tiefgefroren gelagert und 12 Stunden lang in einem Wasserbad bei Umgebungstemperatur aufgetaut und anschliessend mit einem Rinnmesser korrigiert, so dass eine ebene und saubere Oberfläche geschaffen wurde. Das Sohlenhorn der einzelnen Klauenpaare wurde absichtlich unterschiedlich stark beschnitten, um verschiedene Sohlenhorndicken für die Messung zu schaffen. Es wurden 3 Messpunkte festgelegt: S1 (Sohle 1) senkrecht über der Klauenbeinspitze, S2 senkrecht über der tiefsten Konkavität der distalen Klauenbeinoberfläche und S3 senkrecht über dem Tuberculum flexorium des Klauenbeins. Als Orientierung für die Messungen wurde an der Bodenfläche aller Klauen eine gerade Linie von der Klauenspitze bis zur Mitte des Überganges Hartballen – Weichballen eingezeichnet. Nach der ultrasonographischen Untersuchung wurden die Klauen wiederum tiefgefroren und anschliessend in longitudinaler Ebene an der eingezeichneten geraden Linie mittels einer Bandsäge durchtrennt und an den neuerlich aufgetauten Klauen an den markierten Messpunkten die anatomischen Referenzmessungen mit Hilfe einer

mechanischen Schieblehre durchgeführt. Es zeigte sich eine gute Übereinstimmung der ultrasonographisch erhobenen Messwerte mit den anatomischen (Tab. 6).

Tab. 6: Sohlendickemessung mit Ultraschall (Kofler und Kübber, 2000)

	Sohlendicke < 5 mm		Sohlendicke > 5 mm	
Messung	ultrasonographisch	anatomisch	ultrasonographisch	anatomisch
S1	3,6	3,4	6,4	7,6
S2	4,4	3,5	6,9	6,8
S3	4,7	4,2	6,8	7,1

Zur Feststellung von Messfehlern bei verschiedenen Methoden zur Bestimmung der Klauenbelastung und der Klauenform beim Rind untersuchten Leuenberger et al. (1978) 20 gesunde Simmentaler Kühe. Sie bestimmten Messgrößen an der lateralen Klaue der rechten Hintergliedmasse. Um die Länge und Breite der Sohlenfläche zu bestimmen, verwendeten sie die Sohlenmessplatte nach Kästner. Zur Messung der Zehenwandlänge benutzten sie einen faltbaren Meterstab, der bündig mit der kranialen Zehenwand bis zum höchsten Punkt im kranialen Zwischenklauenspalt vorgeschoben wurde. Von diesem Fixpunkt aus wurde die Distanz bis zur Klauenspitze gemessen. Der Dorsalwandwinkel wurde mit einer Figurenlehre bestimmt, wobei die Lehre über die Spitze der Klaue geschoben wurde. Der Winkel wurde durch Nachziehen der Lehrenkontur auf Papier festgehalten. Sie fanden heraus, dass der methodische Fehler bei allen genannten Methoden in vernünftigen Grenzen lag (Leuenberger, Dozzi et al. 1978). Messergebnisse wurden nicht mitgeteilt, lediglich der F-Wert und der Messfehlerbereich.

5 Eigene Untersuchungen

5.1 Material und Methoden

5.1.1 Ausgangshypothesen

Die Untersuchungen sollten vor allem einen Beitrag zur Verbesserung der Klauenpflege leisten. Bisher geltende Meinungen sollten hinterfragt werden und wissenschaftliche Daten zur Anatomie des Hornschuhs, der Lederhaut und der Klauenform erhoben werden. Die Ausgangshypothesen vor der Durchführung der Voruntersuchungen lauteten:

- 1.) In der bisherigen Literatur fehlen Messwerte, aus denen die anatomisch korrekte Klauenform hervorgeht.*
- 2.) Eine Dorsalwandlänge von 75 mm ist nicht als Referenzmass für die Klauenpflege geeignet, weil zu starke individuelle Unterschiede in der Klauengrösse bestehen.*
- 3.) Die Anpassung der Aussenklaue an die Innenklaue führt zur Ausdünnung der Sohle an der Aussenklaue.*

5.1.2 Untersuchungsmaterial

5.1.2.1 Präparate

Vom lokalen Schlachthof wurden die rechten und linken Hinterfüsse von Schlachtrindern der Rasse Deutsches Fleckvieh gesammelt. Nur als gesund beurteilte Gliedmassen wurden berücksichtigt. Bei den Schlachttieren handelte es sich um Bullen im Alter von 18 Monaten sowie um Kühe unterschiedlichen Alters. Von einem Tier wurde nur jeweils ein Hinterfuss ausgewählt, und dies abwechselnd rechts oder links, so dass in die Untersuchungen gleich viele Gliedmassenabschnitte von beiden Seiten eingingen. Das Alter sowie das Schlachtgewicht der Tiere konnten anhand der laufenden Schlachtnummer, die der Ohrmarke zugeordnet war, mittels Computerausdruck exakt ermittelt werden. Für die Bullen wurde das

Schlachtgewicht auf 60 %, bei den Kühen auf 55% des Körpergewichts geschätzt und letzteres entsprechend hochgerechnet.

Die Kennzeichnung der Hinterfüsse erfolgte durch eine Schlinge, an deren Ende sich ein mit fortlaufender Nummer versehener, wasserdichter farbiger Schlüsselanhänger befand. Unterschiedliche Farben für rechts und links liessen keine Seitenverwechslungen zu. Die Klauen wurden untersucht und danach so gesäubert, dass eingetrockneter Kot vollständig entfernt war. An allen Klauen wurden vor dem Schleif- und Messvorgang die Haare oberhalb des Kronsaumes entfernt.

5.1.2.2 Messinstrumente

Zur Erfassung der Klauenmasse wurden Präzisionsinstrumente aus dem Handwerk verwendet (Abb. 9). Diese Instrumente sind TÜV-geprüft und für Messungen bis zu einer Genauigkeit von 0,1 mm geeignet.

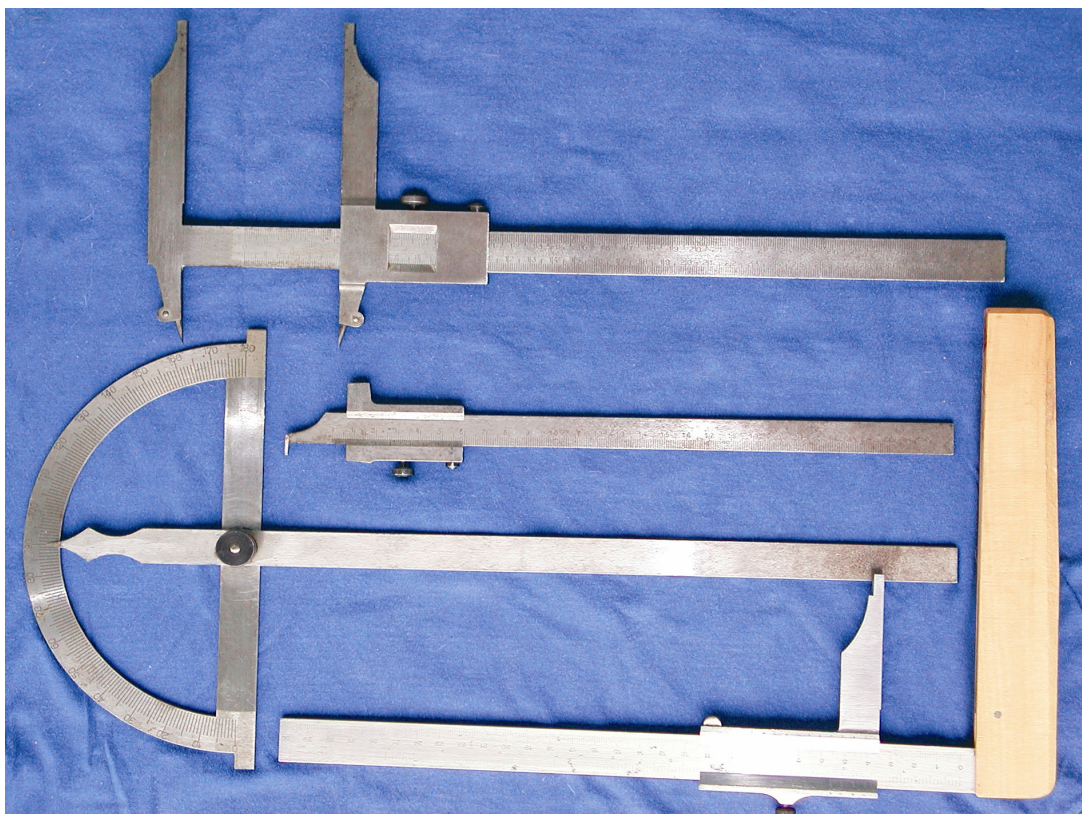


Abb.9: Verwendete Messinstrumente: Messschieber, Hakentiefenmass, Gradmesser, Messschieber mit Verlängerung an einem Schenkel

Die endgültige Art der Klauenvermessungen führte über mehrere Vorversuche, in denen die Anwendbarkeit der Messinstrumente erprobt und Beschränkungen erkannt wurden. Diese Voruntersuchungen erbrachten jedoch wichtige Ergebnisse, so dass sie hier mit aufgeführt werden.

5.1.3 Voruntersuchungen

5.1.3.1 Vorversuch 1

In einem ersten Vorversuch wurden 10 Hinterfüsse von 18 Monate alten Mastbullen verwendet. Entsprechend den Vorgaben der sogenannten Funktionellen Klauenpflege wurde beschlossen, 75 mm Dorsalwandlänge an der medialen Klaue abzumessen und die Hornwand mit der Klauenschneidezange senkrecht zur Sohlenfläche abzukneifen. Danach sollte versucht werden, 5 mm Sohlendicke zu belassen (siehe Abb. 10) und die Klauenmasse anschliessend zu bestimmen.

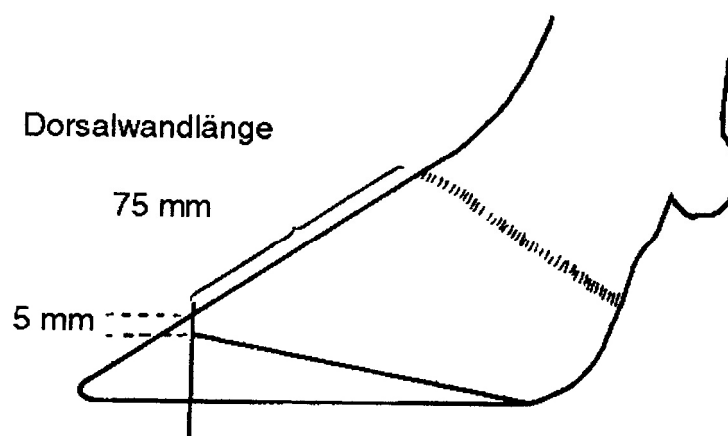


Abb. 10: Schema der funktionellen Klauenpflege zur Kürzung der Dorsalwand und zum Erreichen einer optimalen Sohlendicke

Die Dorsalwandlänge wurde folgendermassen bestimmt: Der proximale Messpunkt befand sich am Kronsaum, direkt am Übergang der unbehaarten zur behaarten Haut. Zur Festlegung

eines konstanten Punktes wurden die proximalen Messpunkte stets einen Zentimeter vom Zwischenklauenspalt entfernt markiert. Von hier aus wurde bis zur Klauenspitze gemessen. Weiterhin sollte das in der Literatur regelmässig genannte Verhältnis von Dorsalwandlänge zu Ballenlänge von 2:1 hergestellt werden. Hierzu wurden 37,5 mm Ballenlänge, vom axialen Umschlagpunkt des Kronsaumes in den Ballen, abgemessen und diese an den Klauen angezeichnet. Die distalen Endpunkte der Dorsalwand- und Ballenlänge wurden anschliessend abaxial mit einer Linie verbunden.

Die Gliedmassen wurden in eine dafür konstruierte Vorrichtung in einer Position eingespannt, in der beide Klauen mit einer elektrischen Hobelmaschine auf die vorgegebene Sohlerdicke gekürzt werden konnten. In dieser Halterung zeigten die Sohlenflächen der Klauen nach oben. Eine mit der Aussparung der Fussungsfläche der Klaue versehene, parallel zur Sohlenfläche nach oben und unten bewegliche Platte diente als Auflage der elektrischen Hobelmaschine. Die Platte wurde nun exakt in Höhe der an die Klaue angezeichneten Masse fixiert, dass alles Horn, das über die Auflage ragte, weggehobelt werden konnte. Der Tisch garantierte eine nahezu vollkommen ebene Schnittfläche (Abb. 11). Eine Hohlkehlung wurde nicht angelegt.

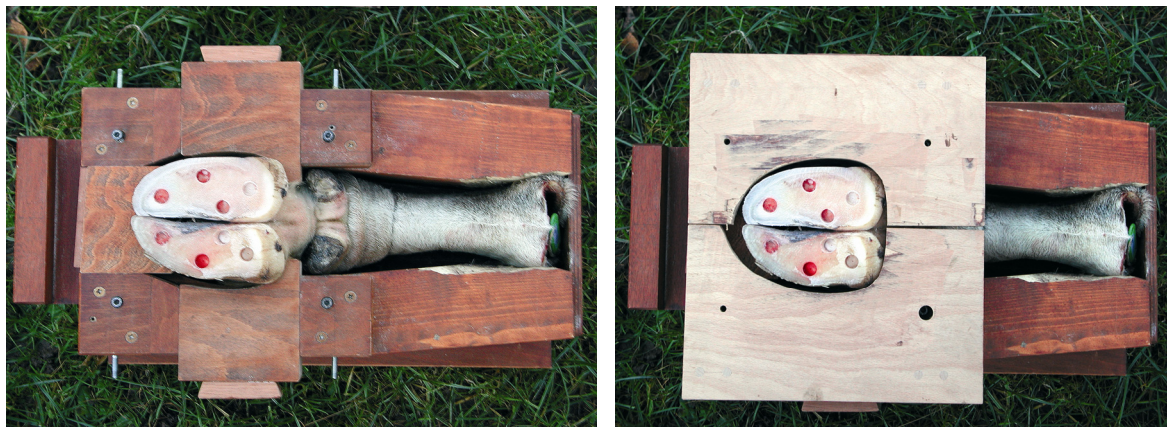


Abb.11: Holzkonstruktion zum standardisierten planen Abschleifen der Klauen mit einem elektrischen Hobel

Beim Versuch, ein Verhältnis von Dorsalwand zu Ballenlänge von 2 : 1 herzustellen, kam es jedoch bei dem planen Abschleifen regelmässig zu Läsionen der Lederhaut im Ballenbereich oder an der Sohlenspitze. Dies zeigte, dass das in der Literatur genannte Verhältnis von 2 : 1 bei einer Dorsalwandlänge von 75 mm zu Verletzungen führen kann, also bei den Klauen dieser Mastbullen zu gering war.

Nachteilig wirkte sich zudem aus, dass es bei der Fixationseinrichtung, wenn der Hobel

angedrückt wurde, zu Verschiebungen der Klauen gegeneinander kam und die resultierenden Sohlenflächen nicht mehr auf einer Ebene senkrecht zur Fussachse lagen.

5.1.3.2 Vorversuch 2

Im zweiten Vorversuch wurden ebenfalls 10 Hinterfüsse von 18 Monate alten Mastbullen als Untersuchungsmaterial verwendet. Wiederum wurden 75 mm an der Dorsalwand der medialen Klaue abgemessen, danach die Klauenspitze senkrecht abgekniffen und die Sohlenfläche so gekürzt, dass mindestens 5 mm Sohlendicke belassen werden konnten.

Zur Herstellung eines weiteren in der Literatur häufig genannten Verhältnisses von Dorsalwandlänge zu Ballenlänge von 3 : 2 wurden nun 50 mm Ballenlänge abgemessen. Die Gliedmassen wurden wieder so eingespannt, dass auf die vorgegebene Höhe gekürzt werden konnte. Wiederum wurde keine Hohlkehlung hergestellt, sondern die Sohle eben geschliffen.

Dann erfolgte eine Vierpunktmessung anhand von in die Sohle gebohrten Löchern (Abb. 12), damit die Sohlendicke zu bestimmen war, die aus der beschriebenen Einhaltung der Masse der funktionellen Klauenpflege sowie des Verhältnisses der Dorsal- zur Ballenwand resultierte. Als Werkzeug diente eine Bohrmaschine mit einem Forstnerbohrer; die gesetzten Löcher hatten einen Durchmesser von 14 mm.

Beim Abschleifen der Klauen im Verhältnis Dorsalwand : Ballenwand von 3 : 2 kam es zwar zu keinen Verletzungen. Oftmals betrug jedoch die Ballenlänge schon vor dem Zuschleifen weniger als 50 mm, so dass das Verhältnis 3 : 2 sich als zu gross erwies.

5.1.3.3 Zusammenfassung der Voruntersuchungen 1 und 2

Als Ausgangspunkt für einen Vergleich der Aussen- und der Innenklaue der gleichen Gliedmasse war es notwendig, eine konstante Messgrösse zu finden, die an jeder Klaue problemlos zu bestimmen sowie zu messen war. Im ersten und zweiten Vorversuch wurden die Dorsalwandlänge und die Ballenlänge als Messgrössen verwendet. Die Dorsalwandlänge war bei dem beschriebenen Vorgehen gut zu bestimmen; hingegen war es schwierig, die Ballenlänge festzulegen, weil keine Messpunkte gefunden werden konnten, die konstant bei allen Klauen aufzufinden gewesen wären.

Damit man die Ballenlänge bestimmen kann, benötigt man einen Fixpunkt an der Sohle und

einen anderen im Bereich des Übergangs des Hornes zur behaarten Haut. An der Sohle kommen als mögliche Punkte das Ende der Belastungsfläche beziehungsweise der Umschlagpunkt der weissen Linie in Frage. Diese Orientierungspunkte sind jedoch nicht zu bestimmen, wenn erosive Veränderungen des Ballens (Ballenhornfäule) bestehen. Dadurch werden die Messungen ungenau oder unmöglich gemacht. Zudem sind die Orientierungspunkte auch bei gesundem Klauenhorn oftmals nicht zu erkennen. Insbesondere das plantare Ende der Belastungsfläche und der Umschlagpunkt der weissen Linie im Trachtenbereich sind in ihrer Lage schwierig zu definieren. Der Umschlagpunkt ist bei manchen Klauen schon deutlich zu sehen, bevor man mit der Pflege beginnt, manchmal tritt er aber erst nach dem Anschleifen der Sohlenfläche in Erscheinung und teilweise ist er überhaupt nicht erkennbar. Häufig lässt sich auch vergleichend an den beiden Klauen eines Fusses kein einheitlicher Punkt festlegen, da die Umschlagstellen der weissen Linie in ihrer Lage sehr unterschiedlich sind.

Als Messpunkte weiter proximal, im Bereich der behaarten Haut, bieten sich entweder die höchste Stelle des Ballens oder der Übergang des Kronsaums zum Ballen an. Da sie in ihrer Lokalisation sehr variabel sind, bieten auch sie jedoch keine verlässlichen Orientierungsmöglichkeiten.

Weiterhin fiel bei den Vorversuchen auf, dass nicht alle untersuchten Klauen der Mastbullen eine Dorsalwandlänge von 75 mm aufwiesen. Solche Klauen mit weniger als 75 mm Dorsalwandlänge wären vom Versuch ausgeschieden und dieser wäre somit nicht repräsentativ gewesen. Ausserdem sollten bei jeder Klaue 5 mm Sohlendicke belassen werden, nachdem senkrecht zur Sohlenfläche abgekniffen worden war. Diese 5 mm konnten bei Klauen mit weniger als 75 mm Dorsalwandlänge gar nicht berücksichtigt werden, da die Dorsalwandlänge nicht bestimmbar war, auf die gekürzt werden konnte, ohne in die Lederhaut zu schneiden. Die Dorsalwandlänge und Ballenlänge der Klauen eignen sich daher nicht als Referenzwerte für die übrigen Klauenmasse. Aufgrund der individuellen Unterschiede können damit keine korrekte Klauenpflege und anschliessend keine objektiven Messungen vorgenommen werden. Verschiedene Werte, wie die Ballenlänge und die Ballenhöhe, sind nicht genau zu bestimmen, da keine exakten Bezugspunkte festzulegen sind. Immerhin war offensichtlich, dass bei einer gegebenen Dorsalwandlänge von 75 mm weder ein Verhältnis der Dorsal- zur Ballenlänge von 2 : 1 noch eines von 3 : 2 geeignet war, da sich entweder zu dünne oder zu dicke Sohlen ergaben.

Da auch das Anpassen der Aussenklaue an die Innenklaue oder umgekehrt, in der eigens

konstruierten Halterung schlecht funktionierte, musste eine andere Referenzgrösse und eine andere Möglichkeit der Bearbeitung der Klauen gefunden werden.

5.1.3.4 Vorversuch 3

Infolge der in den ersten Untersuchungen erhaltenen Ergebnisse wurde die Versuchsanordnung geändert. Als das bestimmende Mass wurde nun die Dicke des Sohlenhorns gewählt.

Im dritten Vorversuch wurden die Klauen jetzt nicht mehr in die Vorrichtung eingespannt, sondern nach Augenmass mit einem Winkelschleifer plan bearbeitet und danach die mediale und die laterale Klaue vermessen. Die Höhe der Sohlenfläche beider Klauen wurde beurteilt, indem die Blickrichtung von plantar entlang der Sohlenfläche in Richtung Klauenbeinspitze verlief. Für die richtige Beurteilung mussten die Klauen ungefähr gleich gerichtet, das heisst, die Kronränder auf gleicher Höhe sein. Dies wurde dadurch erreicht, dass die Dorsalwände nebeneinander auf einen Winkel gelegt wurden und sich somit auf gleicher Höhe befanden. Die Sohle konnte beurteilt und entsprechend ausgerichtet werden. Die Bearbeitung der Sohle wurde stets von zwei Personen geprüft und die Anpassung schichtweise und sehr vorsichtig durchgeführt.

Insgesamt sechs Gliedmassen von 18 Monate alten Mastbullen, jeweils drei rechte und drei linke, wurden wie im vorhergehenden Abschnitt beschrieben gesäubert und geschoren. Zur Messung der Sohlendicke wurden an verschiedenen Stellen Löcher von 14 mm Durchmesser in die Sohle gebohrt (Abb. 12). Die Innenklaue sollte auf konstant 5 mm Sohlendicke an allen 4 Löchern mit einem Winkelschleifer zugeschliffen werden. Hierzu wurden mit dem Messschieber an vier Stellen jedes einzelnen Loches Messungen durchgeführt (Vierpunktmessung apikal, plantar, axial und abaxial). Nach Herstellung der entsprechenden Sohlendicke an der Innenklaue sollte die Aussenklaue, ohne zuvor Löcher zu bohren, angepasst werden.

Bei diesem Vorgehen wurde die Sohle an der Innenklaue zunächst plan geschliffen. Dann wurden die Löcher gebohrt und gemessen. Dabei fiel auf, dass die vier Werte an einem Loch unterschiedlich waren und es nicht gelang, das vorgegebene Mass von 5 mm Sohlendicke an allen Punkten konstant zu erreichen, wenn man zugleich eine ebene Fläche schleifen wollte. Besonders im Bereich der Hohlkehlung unterschieden sich die Messwerte stark.

Die Sohlenfläche der Innenklaue wurde dennoch so geschliffen, dass die Sohlendicke an allen

Messbereichen 5 mm betrug; das Resultat war jedoch eine konkave Sohle.

Das Anpassen der Aussenklaue an die Innenklaue erwies sich als schwierig, weil die Wölbung der Aussenklaue an die der kleineren Innenklaue nicht leicht nachgebildet werden konnte. Deswegen wurde entschieden, in den nächsten Vorversuchen die Sohlenflächen plan zurechtzuschleifen, damit das Anpassen der Aussen- an die Innenklaue optimal gelingen konnte und eine exaktere Messung möglich war.

Als Ergebnis des Vorversuches 3 lässt sich also Folgendes festhalten: Die Form der Klauensohle war, wenn sie an allen Stellen die gleiche Dicke aufweist, konkav. Und im Umkehrschluss: Wenn die Sohle plan zurechtgeschliffen wurde, war die Sohlendicke nicht gleichmässig, sondern an verschiedenen Punkten der Sohle unterschiedlich. Die Sohlendicke lässt sich besser vergleichen, wenn die Sohle plan geschliffen wird.

5.1.3.5 Vorversuch 4

Im vierten Vorversuch wurden zehn Gliedmassen von 18 Monate alten Mastbullen untersucht. Fünf rechte und fünf linke Hinterfüsse wurden folgendermassen vorbereitet: Es wurden in die Sohle der Innenklaue an den vier schon genannten Lokalisationen Löcher gebohrt. An zwei Löchern, der Spitze und dem Ballen, wurde die Sohlendicke auf 5 mm festgelegt. Der Richtwert von 5 mm Sohlendicke wurde am apikalen Rand des Bohrlochs der Spitze und an dem plantaren Rand des Bohrloches des Ballenbereichs hergestellt. Die Sohle wurde danach so zurecht geschliffen, dass eine ebene Sohlenfläche entstand. Die Aussenklaue wurde an die Innenklaue angepasst, dann ebenfalls vier Löcher gebohrt und eine Vierpunktmessung in diesen durchgeführt.

Durch die plane Sohlenfläche ergaben sich wiederum, wie in den Voruntersuchungen 3 bereits festgestellt, unterschiedliche Werte für die Sohlendicke, die sich auch graphisch darstellen liessen. Es stellte sich heraus, dass die gewählten 5 mm Sohlendicke für den Ballen zu knapp bemessen waren, da er zu niedrig und zu weich wurde. Eine Dicke von 5 mm wurde demzufolge am Ballen als zu gering angesehen. Diese Ergebnisse führten somit zu einer weiteren Abwandlung der Vorgehensweisen:

5.1.3.6 Vorversuch 5

Im fünften Vorversuch wurden zwanzig Hintergliedmassen, jeweils 10 rechte und 10 linke, von Mastbullen verwendet.

Zunächst wurden bei der Hälfte der Präparate Löcher in die Sohle der Innenklaue gebohrt, und die Sohle an der Spitze apikal auf 5 mm und am Ballen plantar auf 8 mm Sohlendicke zugeschliffen, so dass eine ebene Sohlenfläche bei ausreichend dicker Sohle entstand.

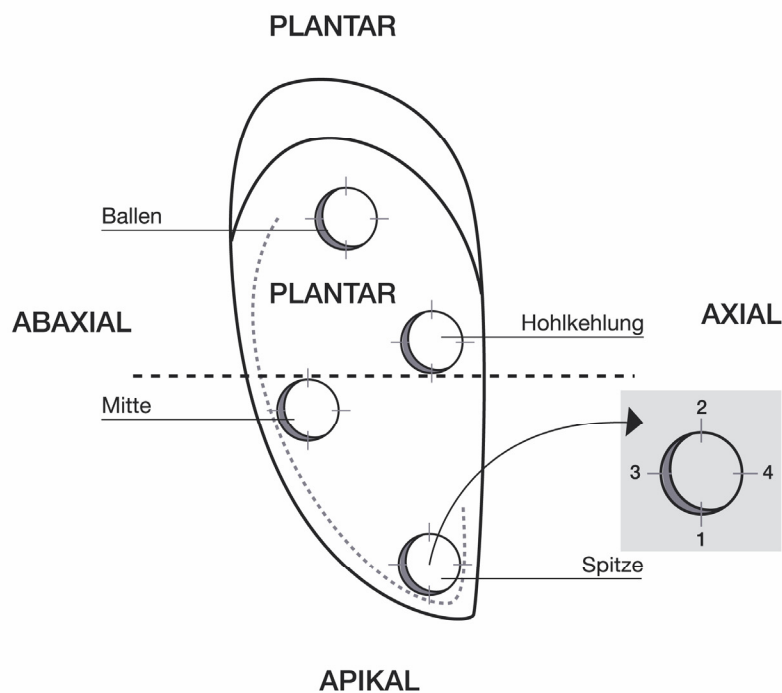


Abb.12: Skizze der Sohlenfläche der medialen Klaue einer rechten Hintergliedmasse mit angebrachten Bohrlöchern

Als Orientierungshilfe für die Platzierung der Löcher an der Innenklaue diente die weiße Linie. Das Loch an der „Spitze“ grenzte axial und abaxial an die weiße Linie, das Loch in der „Mitte“ berührte abaxial die weiße Linie. In die Hohlkehlung wurde das Loch ganz dicht an den axialen Rand der Sohlenfläche der Klaue gesetzt. Das Loch in der Hohlkehlung berührte apikal, das Loch in der Mitte plantar einer gedachten gestrichelten Linie, die vom Ende der inneren Klauenwand senkrecht zur Klauenachse nach abaxial lief. Im Bereich des Ballens, am

Ende der Sohlenfläche, wurde zentral in die Mitte das Loch gebohrt (Abb. 12). An der Aussenklaue wurde prinzipiell genauso vorgegangen, aber es erfolgte auch eine Orientierung an den Messlöchern der Innenklaue.

An jedem Loch wurde eine Vierpunktmessung in die Richtungen apikal, plantar, axial und abaxial durchgeführt. Mit einer feinen Schleifscheibe wurde sukzessive auf die entsprechende definierte Dicke abgetragen.



Abb.13: Solearansicht der Klauen der linken Beckengliedmasse einer dreijährigen Fleckviehkuh.

Links: Klauen mit gleicher Sohlendicke, 5 mm an der Klauenspitze und 8 mm am Ballen. Aussenklaue deutlich grösser als die Innenklaue.

Rechts: Bei Ansicht von proximal auf die Ballen der Klauen steht die Aussenklaue distalwärts deutlich über.

Die Innenklaue sah nun auch von ihrer äusseren Form dem Bild einer gesunden Klaue nach der Durchführung einer korrekten Klauenpflege am ähnlichsten - der Ballen war hoch und stabil und die 5 mm Sohlendicke an der Spitze schienen ebenfalls gut gewählt, da die Hornschicht massiv war und auf Daumendruck nicht, auf Druck mit der Klauenuntersuchungszange kaum nachgab.

Die Aussenklaue wurde per Augenmass angepasst, danach auch in deren Sohlenfläche an den definierten Stellen Löcher gebohrt und ebenfalls eine Vierpunktmessung durchgeführt.

Bei den übrigen 10 Hinterfüssen wurde die Aussenklaue zunächst nicht an die Innenklaue angepasst, sondern ebenfalls Löcher in die Sohle gebohrt und die Sohle auf 5 mm im Bereich der Klauenspitze und 8 mm im Bereich des Ballens zurückgeschliffen. Aussen- und Innenklaue wiesen somit die gleiche Sohlendicke auf. Daraufhin wurde ersichtlich, dass die

Aussenklaue nicht nur an der Sohlenfläche grösser als die Innenklaue war, sondern auch nach distal über das Niveau der Sohlenfläche der Innenklaue ragte (Abb. 13).

Nach den Resultaten der durchgeführten Messungen waren die Werte der Sohlendicke der Aussenklaue nach der Anpassung an die Innenklaue bis auf wenige Ausnahmen deutlich geringer als die der entsprechenden Innenklaue. Bei manchen Aussenklauen kam es zur starken Ausdünnung der Sohle, so dass sich die Sohle problemlos mit dem Daumen eindrücken liess, und sie nur noch 1-2 mm dick war, bei anderen entstanden sogar Offenlegungen der Lederhaut im Ballenbereich sowie an der Spitze. Nur bei zwei von insgesamt 20 Klauenpaaren des 5. Vorversuches waren die Sohlendickenwerte von Aussen- und Innenklaue gleich gross. An einem von 20 Präparaten war die Sohle einer Aussenklaue im Vergleich zur Partnerklaue nach der Anpassung sogar an allen vier Messlöchern dicker. Die statistische Auswertung ergab, dass die Werte von Aussen- und Innenklauen statistisch hoch signifikant verschieden waren (gepaarte Stichproben, t-Test; $p < 0,01$).

5.1.3.7 Zusammenfassung der Ergebnisse der Vorversuche 3 bis 5

Aufgrund der Vorversuche wurden folgende Schlussfolgerungen bezüglich der Ausgangshypothesen abgeleitet:

- 1.) Für die Ermittlung der Klauenabmessungen benötigt man ein Referenzmass; als dieses bietet sich die Dicke der Hornsohlen an. Nicht die Dorsalwand, sondern die Sohlendicke ist die Grösse an einer Klaue, die am lebenden Tier am wichtigsten ist. Nach ihr muss sich die Klauenpflege ausrichten. Deswegen stellt die Dicke der Klauensohle den idealen Referenzwert für die Erhebung von Klauenmassen dar.
- 2.) Zudem ist die dorsale Klauenwand vor allem bei jüngeren Tieren kürzer als 75 mm, so dass keine Orientierung bezüglich der Sohlendicke möglich ist.
- 3.) Wenn Aussenklaue und Innenklaue die gleiche definierte Sohlendicke aufweisen, ergeben sich signifikante Unterschiede in den Klauenabmessungen bei jungen Mastbullen. Die Sohle der Aussenklaue steht bei definierter Sohlendicke nach distal über. Durch die Anpassung an die Innenklaue, zur gleichmässigen Verteilung der Belastung auf beide Klauen notwendig, verändert sich die Aussenklaue. Die Sohlendicke nimmt in der Regel ab. Dadurch verändern sich auch die übrigen Klauenmasse. Die Sohle der Aussenklaue kann nicht auf die Höhe der Sohle der Innenklaue abgeschliffen werden, ohne diese stark auszudünnen oder gar zu verletzen.

5.1.4 Hauptversuche und -messungen

5.1.4.1 Arbeitshypothesen

Aufgrund der Voruntersuchungen und deren Ergebnisse wurden die Ausgangshypothesen als bestätigt angesehen und die folgenden **Arbeitshypothesen** aufgestellt:

- 1.) Die Klauenmasse benötigen, damit sie exakt erhoben werden können, eine Bezugsgrösse. Als diese ist die Dicke des Sohlenhorns zu wählen, da ihr bei der Klauenpflege die grösste Bedeutung zukommt und insofern alle anderen Masse von ihr abhängen.
- 2.) Die möglichst exakte Bestimmung der Klauenmasse bei definierter Sohlendicke führt zu einer bestmöglichen Beschreibung der „Idealklauen“ von Rindern.
- 3.) Wenn bei der Klauenpflege die Dicke des Sohlenhorns der Aussenklaue einer Beckengliedmasse exakt an die der Innenklaue angepasst wird, ergibt sich in der Regel eine dünnere, teilweise zu dünne Sohle an der Aussenklaue.
- 4.) Es besteht möglicherweise eine anatomische Ungleichheit von Aussen- und Innenklaue. Diese besteht darin, dass die Aussenklaue weiter nach distal reicht als die Innenklaue.
- 5.) Die überwiegende Erkrankung der Aussenklaue der Beckengliedmassen bei Rindern ist zu einem grossen Teil auf diese Ungleichheit zurückzuführen und unterstützt die mechanisch-traumatische These der Entstehung von Sohlengeschwüren.

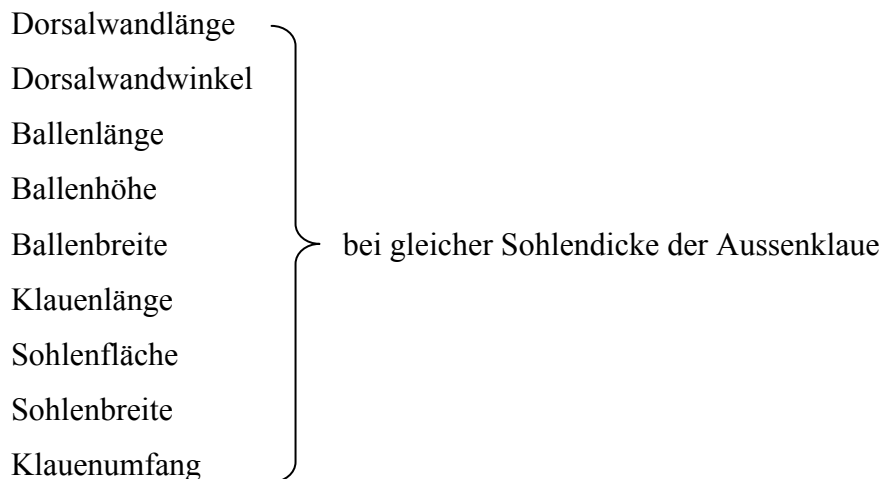
5.1.4.2 Messung am Klauenschuh

Insgesamt wurden 40 Füsse von Mastbullen, 20 von Jungkühen und 20 von älteren Kühen untersucht.

Jeweils der rechte oder der linke Hinterfuss eines Tieres wurde zufallsbedingt zur Messung ausgewählt. Pro Tier wurde ein Hinterfuß untersucht. Alles überstehende Klauenhorn wurde zunächst so weit abgeschliffen, bis die Form der Sohle zu beurteilen war. Dabei wurde mit Zangen- und Daumendruck die Dicke der Sohlenfläche kontrolliert; dann erst wurden die

Messlöcher gebohrt (Abb. 12). Alle Arbeitsschritte wurden mit einer digitalen Fotokamera (Nikon Coolpix 4500) festgehalten.

Im ersten Durchgang wurden die Klauenmasse bei definierter Sohlendicke an Aussen- und Innenklaue bestimmt. Die Sohle wurde hierzu sowohl an der Innen- als auch an der Aussenklaue mit dem Winkelschleifer, an der Klauenspitze in apikal 5 mm, und am Ballen plantar auf exakt 8 mm zugeschliffen. Es wurde dabei eine plane Sohlenfläche, ohne die Hohlkehlung zu berücksichtigen, hergestellt. Wenn es dabei vorkam, dass nach der Bohrung die verbleibende Sohlendicke sich als zu dünn erwies, wurden die Klauen verworfen. Danach wurden folgende Klauenmasse erhoben:



Folgende Quotienten wurden errechnet:

Dorsalwandlänge zu Ballenlänge (medial und lateral)

Dorsalwandlänge zu Ballenhöhe (medial und lateral)

Dorsalwandlänge zu Sohlenlänge (medial und lateral)

Linke Hintergliedmaße, Lateralansicht

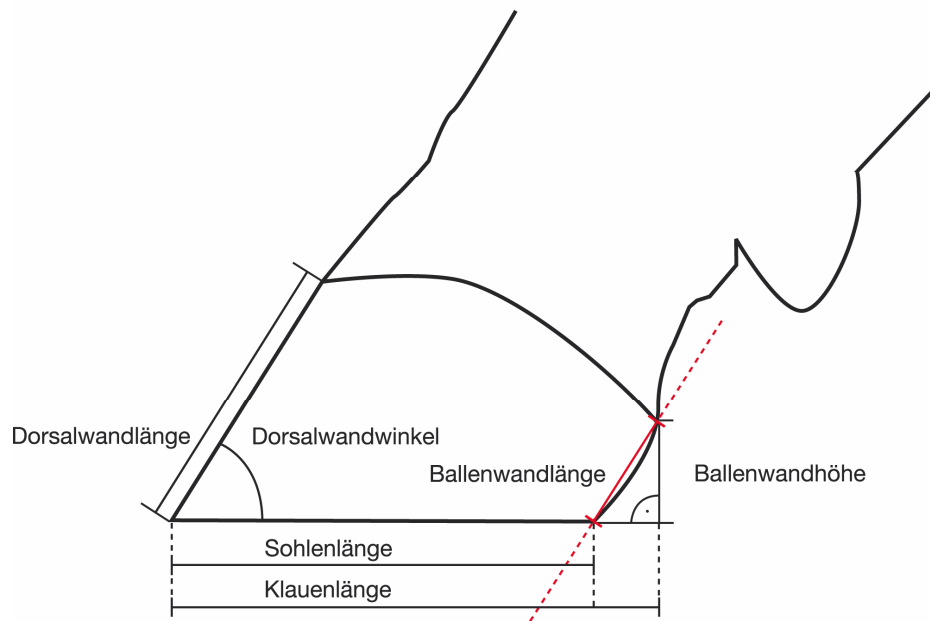


Abb.14: Schematische Darstellung der gemessenen Parameter, in der Seitenansicht

Im zweiten Arbeitsschritt wurden die Aussenklauen bezüglich der Sohlendicke mit dem Winkelschleifer per Augenmass – wobei zwei Personen die Exaktheit beurteilten – an die Innenklauen angepasst und die oben angeführten Klauenmasse erneut erhoben.

Dorsalwandlänge	}	bei angepasster Aussenklaue
Dorsalwandwinkel		
Ballenlänge		
Ballenhöhe		
Ballenbreite		
Klauenlänge		
Sohlenfläche		
Sohlenbreite		
Klauenumfang		

Folgender Quotient wurde errechnet:

Dorsalwandlänge Horn zu Ballenhöhe Korium (medial und lateral)

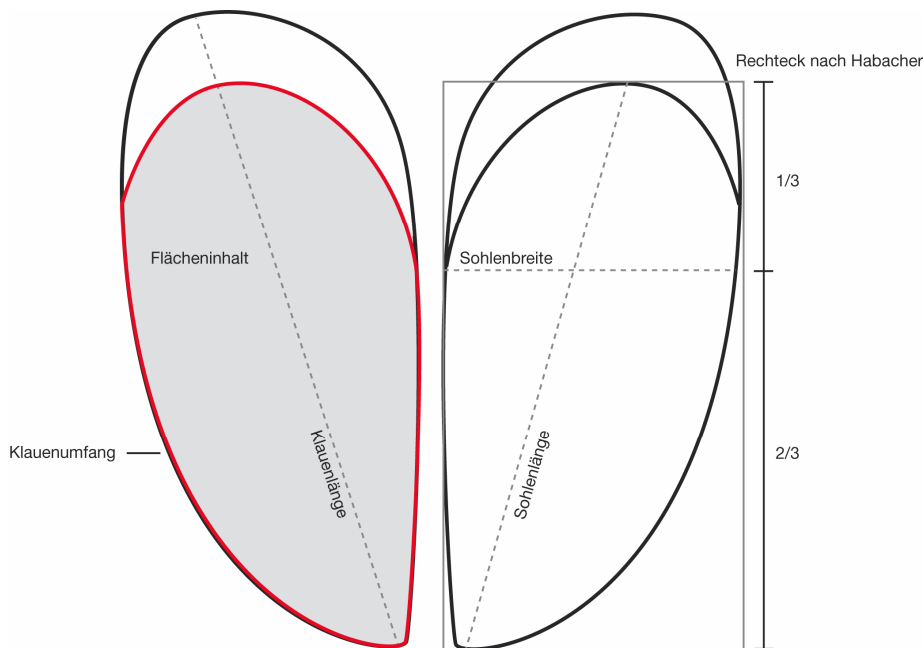


Abb.15: Skizzierte Darstellung der gemessenen Parameter, in der Sohlenansicht

5.1.4.3 Messung an den ausgeschuhten Klauen

Im zweiten Abschnitt wurden die Lederhautmasse erhoben, indem die Klauen nach den Messungen am Hornschuh exunguliert und anschliessend die entsprechenden Abmessungen der Lederhaut – soweit möglich - bestimmt wurden:

Dorsalwandlänge	}	an der ausgeschuhten Innen- und Aussenklau
Dorsalwandwinkel		
Ballenhöhe		
Ballenbreite		
Klauenlänge		

Folgende Quotienten wurden rechnerisch gebildet:

Dorsalwandlänge exunguliert zu Ballenhöhe exunguliert (medial bzw. lateral)

Dorsalwandlänge zu Ballenhöhe exunguliert (medial bzw. lateral)

Dorsalwandwinkel zu Dorsalwandwinkel exunguliert (medial bzw. lateral)

Klauenlänge zu Klauenwandlänge exunguliert (medial bzw. lateral)

Die Einzelheiten der Hauptmessungen werden im Folgenden beschrieben:

5.1.4.4 Messungen am Hornschuh im Einzelnen

5.1.4.4.1 Messung der Sohlendicke

An definierten Stellen der Sohle wurden mit einem Forstner-Bohrer Löcher angebracht, die bis in die Lederhaut reichten (Abb. 12 und 13). Die Messungen erfolgten mit dem Hakentiefenmass, indem der Haken lederhautseitig unter das Horn geschoben wurde. Der Haken wurde an der Aussenseite dünner geschliffen, damit das Einschieben zwischen Horn und Lederhaut besser möglich war. Er wurde sodann an jedem Messbereich (Spitze, Mitte, Hohlkehlung, Ballen) in vier unterschiedlichen Richtungen, nämlich apikal, plantar, axial und abaxial (sogenannte Vierpunktmessung) zwischen Hornsohle und Lederhaut geschoben und dann der andere Teil des Hakentiefenmasses im rechten Winkel auf die Hornsohle angedrückt und der entsprechende Wert abgelesen (Abb. 16). Bei dem Einschieben des Hakens musste darauf geachtet werden, dass sich keine fremden Strukturen, wie zum Beispiel Hornspäne, zwischen Messgerät und Hornsohle befanden, die das Messergebnis verfälschen konnten.

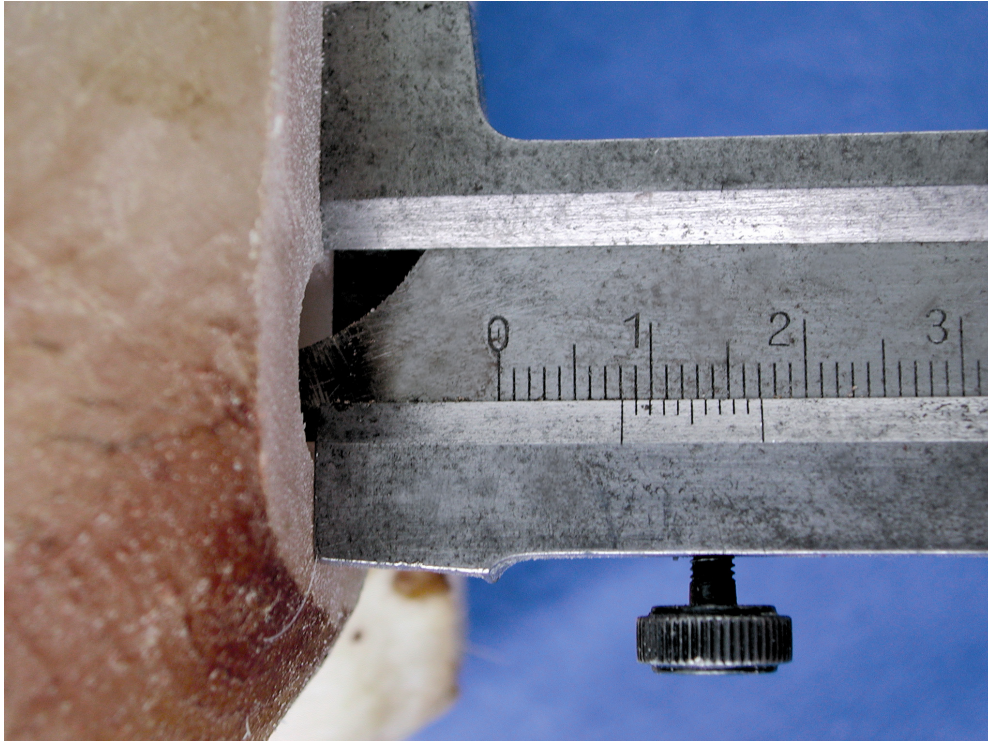


Abb.16: Messung der Sohlendicke am Ballen der Innenklaue einer linken Hintergliedmasse in axialer Richtung; der gemessene Wert beträgt hier 8,1 mm

5.1.4.4.2 Messung der Dorsalwandlänge

Mit dem Messschieber wurden an der Dorsalseite jeder Klaue 10 mm vom Zwischenklauenspalt aus nach abaxial abgemessen. Am Übergang der behaarten Haut zum elastischen Kronsaum, nach medial und lateral, wurde eine Markierung mit einem wasserfesten Folienschreiber gesetzt (Abb. 17). Dieses Vorgehen war wichtig, da auch die Messung der Lederhautmasse nach der Exungulation von genau dem gleichen proximalen Messpunkt zu erfolgen hatte. Der Markierungspunkt war auch nach dem heissen Wasserbad noch gut zu erkennen.

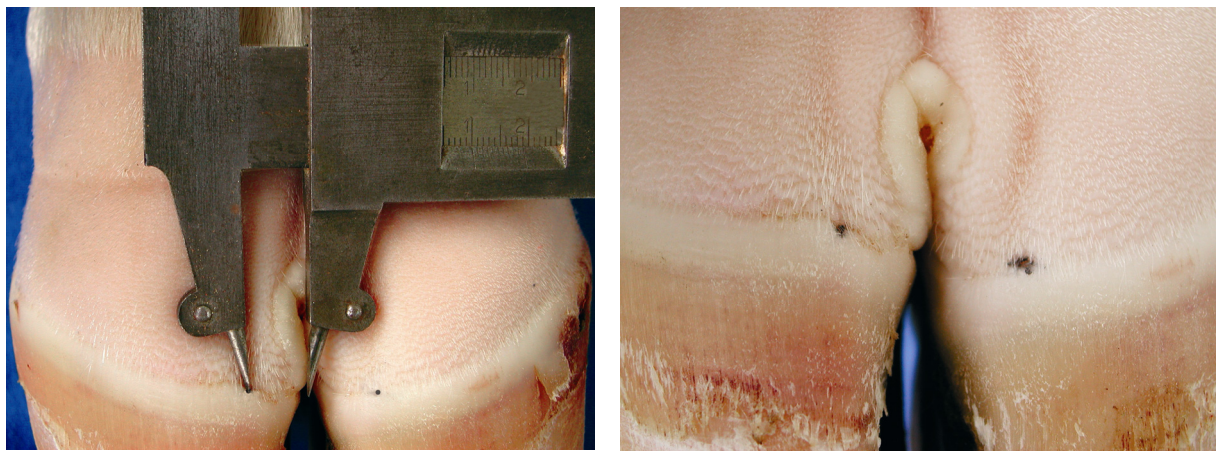


Abb.17: Setzen der Markierungspunkte für die Bestimmung der Länge der Dorsalwand mit Hilfe des Messschiebers



Abb. 18: Messen der Länge der dorsalen Klauenwand vom Messpunkt bis zur Klauenspitze bei einer Aussenklaue, deren Sohlendicke an die mediale Klaue angepasst wurde. Höhe des Kronsauks und der Messpunkte unterschiedlich (Pfeile)

Die Klauenspitzen wurden während des Markiervorgangs aneinandergedrückt. Von den Markierungspunkten aus wurde der Messschieber bis zur Klauenspitze angesetzt und der jeweilige Wert abgelesen (Abb. 18). Schwierigkeiten ergaben sich daraus, dass der Verlauf sowie die Breite des Kronsaumes an medialer und lateraler Klaue nicht gleich waren. Dadurch war die Lage der Markierungspunkte von der Höhe her unterschiedlich, was auch die Messung der Dorsalwandlänge beeinflusste (Abb. 18). Weiterhin fiel auf, dass die Klauenspitze der Aussenklaue bei einem waagrecht gehaltenen Fuss, die Ballen nach unten zeigend, weiter nach distal zeigte als die entsprechende Innenklaue. Bei eingehender Beobachtung konnte diese auch bei lebenden Rindern festgestellt werden. Insbesondere fiel auf, dass auch der Kronsaum der Aussenklaue weiter nach distal zu liegen kam als der der Innenklaue (siehe auch Abb. 18).

5.1.4.4.3 Messung des Dorsalwandwinkels

Die Messung erfolgte mit Hilfe eines Gradmessers mit langen, der Grösse der Klauen entsprechenden Schenkeln. Der kürzere Schenkel wurde parallel zum Zwischenklauenspalt zwischen Klauenspitze und Kronsaum angelegt, und zwar in Höhe der Messpunkte für die Dorsalwandlänge der einzelnen Klaue. Der längere der beiden Schenkel wurde an der plan geschliffenen Sohlenfläche der Klaue platziert, ebenfalls parallel und nahe am Zwischenklauenspalt (Abb. 19).

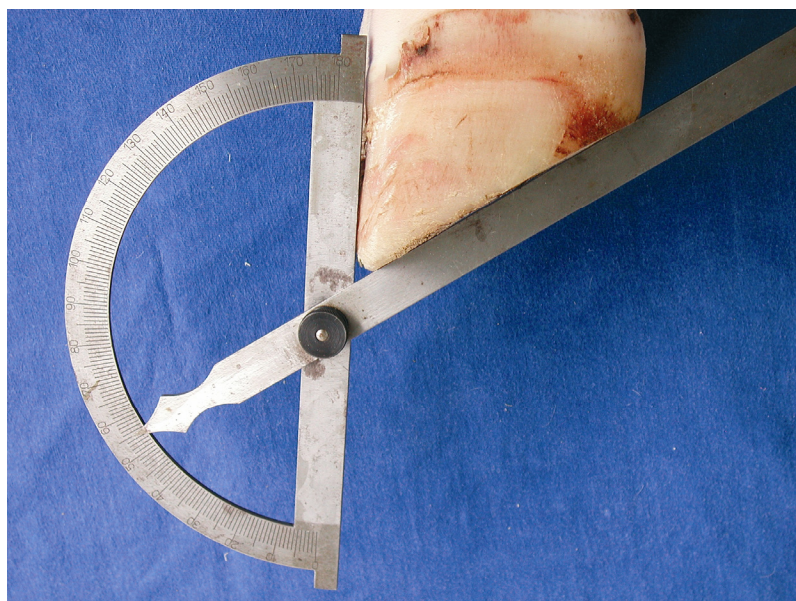


Abb. 19: Durchführung der Winkelmessung mit dem Gradmesser

Die Winkelgrade wurden entsprechend für die laterale und mediale Klaue an der Skala abgelesen. Der Winkel am Ballen konnte wegen der Wölbung des Ballens, das ein exakt wiederholbares Anlegen des Gradmessers erschwerte, nicht festgehalten werden.

5.1.4.4 Messung der Ballenlänge

Der Messschieber wurde mit der Kante des Holzschenkels senkrecht zum Zwischenklauenspalt an das plantare Ende der Belastungsfläche der Sohle angesetzt (Abb. 20). Der zweite Messschenkel berührte den höchsten Punkt des Ballens. Dieser lag meist nicht an der abaxialen Ecke des Kronrandes, sondern etwa ein bis zwei Zentimeter axial davon entfernt (Abb. 20).

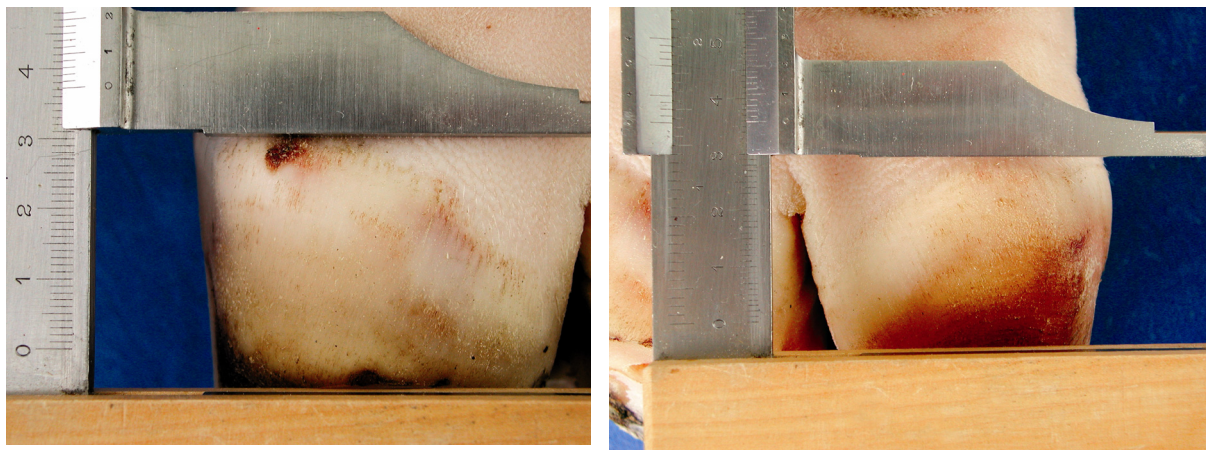


Abb.20: Messung der Ballenlänge der Aussenklaue (links) sowie der Innenklaue (rechts) einer linken Hintergliedmasse

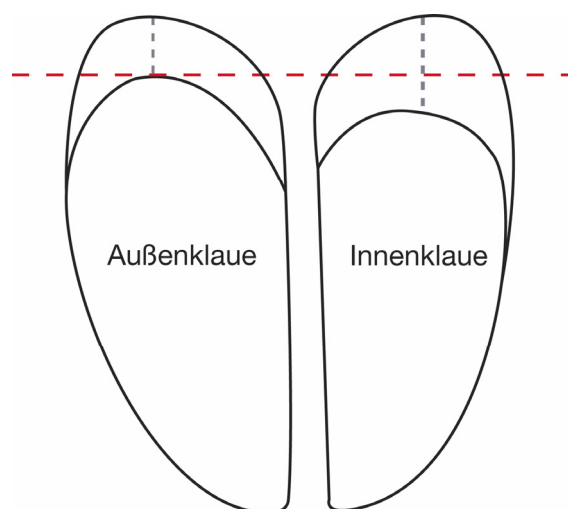


Abb.21: Skizzierung der Unterschiede im Bereich der Ballen bei der Bestimmung der Ballenlänge.

Ballenwinkel der Aussenklaue steiler, an der Innenklaue flacher.

Da der Ballenwinkel der medialen Klaue flacher war, erhöhte sich die Ballenlänge der medialen Klaue deswegen, weil dadurch der Ballen weiter nach apikal reichte (Abb. 21).

5.1.4.4.5 Messung der Ballenhöhe

Diese erfolgte mit dem gleichen Messschieber, der schon für die Messung der Ballenlänge benutzt wurde. Der untere Schenkel wurde für diese Messung zur besseren Auflage der Sohlenfläche der Klaue mit einem Holzsteg verlängert. Dieser Schenkel wurde parallel zum Spatium interdigitale auf die Sohlenfläche der plan geschliffenen Klaue angelegt. Der zweite Schenkel wurde am höchsten Punkt des Ballens angelegt (Abb. 22 und 23).

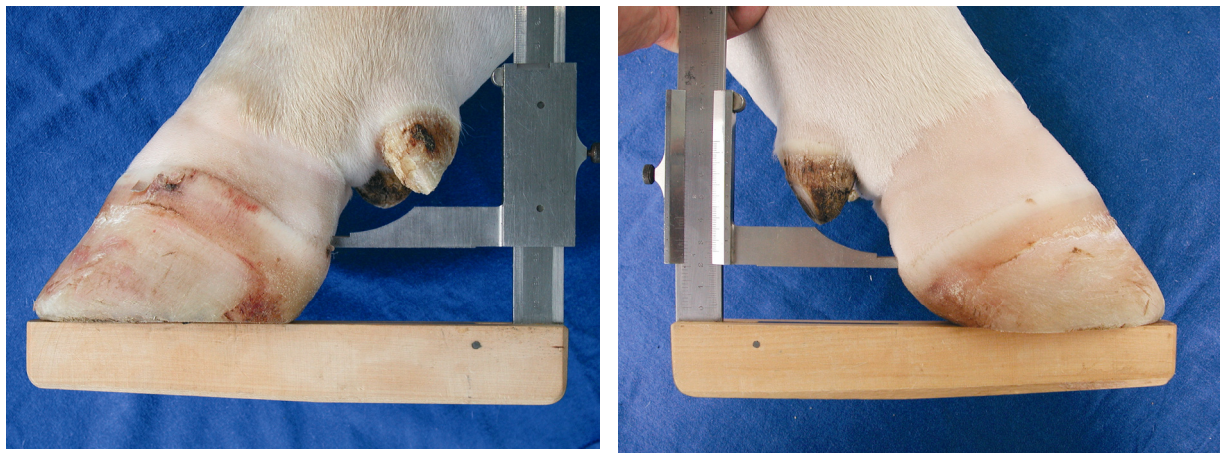


Abb.22: Fleckviehbulle, 18 Monate. Oben: Messung der Ballenhöhe an der Aussenklaue (linkes Bild) und der Innenklaue (rechtes Bild) einer linken Beckengliedmasse

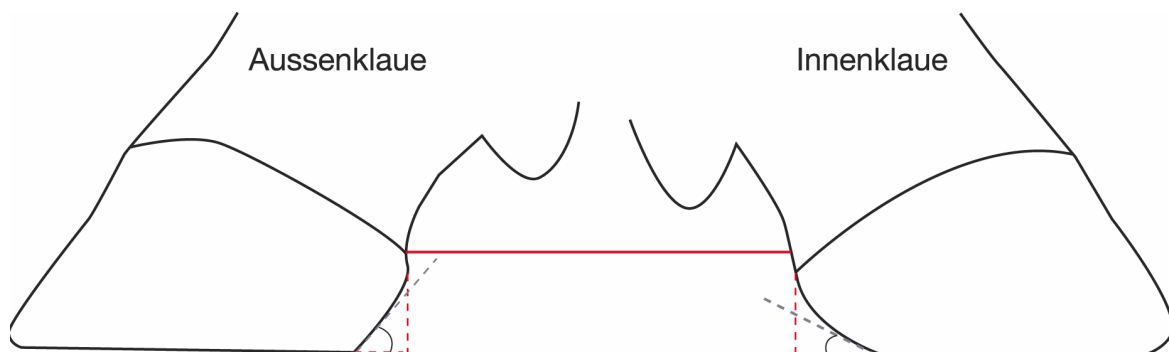


Abb. 23: Skizzierte Darstellung der Unterschiede im Ballenwinkel, der Ballenhöhe und der Ballenlänge

Bei der Messung der Ballenlänge und -höhe war festzustellen, dass sowohl der höchste Punkt des Ballens als auch das plantare Ende der Belastungsfläche der Sohle in axialer und abaxialer Richtung variierten und somit bei den meisten Klauen ein jeweiliger fest zu definierender, konstanter Messpunkt nicht vorhanden war.

Ausserdem war die Form des Ballens an Innen- und Aussenklaue unterschiedlich. Generell fiel auf, dass die Kontur des Ballens, von der Seite betrachtet, einmal steiler und ein andermal flacher bis zum Übergang zur behaarten Haut anstieg. Durch die unterschiedliche Lage des höchsten Punktes am Ballen verlagerte sich die Auflage des Holzschenkels sowie des anderen Schenkels bei der Messung entweder mehr in axialer oder abaxialer Richtung (Abb. 21, 22 und 23).

5.1.4.4.6 Messung der Ballenbreite

Hierzu wurde der Messschieber von plantar an den Ballen herangeführt. Ein Schenkel wurde in den Zwischenklauenspalt geschoben und der andere abaxial an den Ballen herangeführt (Abb. 24).

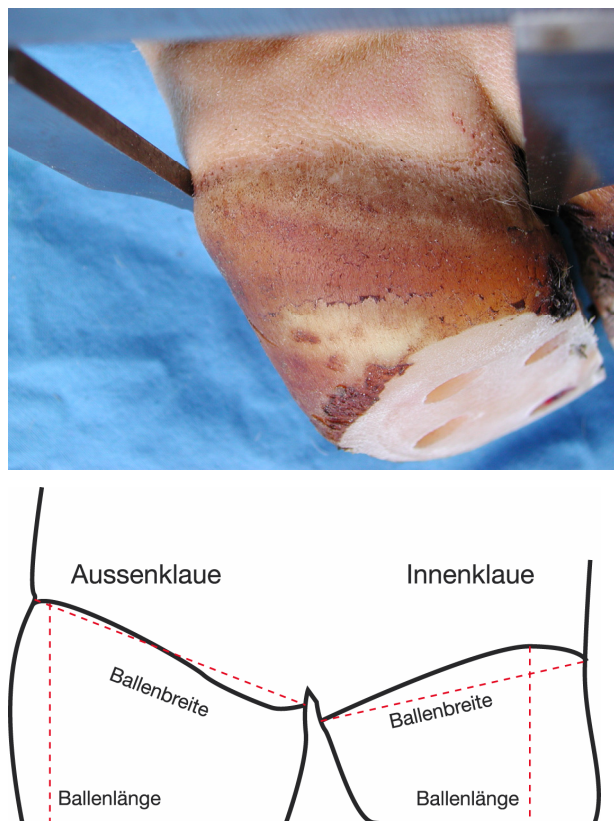


Abb. 24: Messung der Ballenbreite (oben). Skizze der Messung der Ballenbreite und der Ballenlänge

Die Schenkel des Messschiebers wurden an der Grenze vom Saumhorn zur behaarten Haut angesetzt. Gemessen wurde daher die diagonale Breite des Ballens, da für die transversale Breite keine festen Punkte festgelegt werden konnten.

5.1.4.4.7 Messung der Klauenlänge

Als Klauenlänge wurde die Entfernung von der Klauenspitze bis zum plantaren Ende des Ballens angesehen. Diese Messung erfolgte ebenfalls mit dem Messschieber in folgender Art und Weise: Die Schiene, auf der die beiden Schenkel des Messschiebers angebracht waren, wurde plan an die Sohlenfläche der Klaue gelegt. Der vordere Schenkel berührte die Klauenspitze und der hintere Schenkel wurde von plantar an den Ballen angedrückt.

Auch bei dieser Messung ergab sich die Schwierigkeit, das plantare Ende des Ballens festzulegen. In jedem Fall verlief die Messrichtung diagonal von der Klauenspitze aus schräg nach abaxial und plantar (Abb. 25).



Abb. 25: Messung der Klauenlänge

5.1.4.4.8 Berechnung der Sohlenfläche

Ein durchsichtiges Millimeterpapier wurde auf die plane Sohlenfläche gedrückt und die Konturen mit Zeichenkohle übertragen (Abb. 26) Danach wurden die Linien mit einem Folienschreiber nachgezogen. Die Berechnung der Fläche in cm^2 wurde mit Hilfe des Computerprogramms „Alias Studio Tools“, Alias GmbH, Unterföhring, durchgeführt.

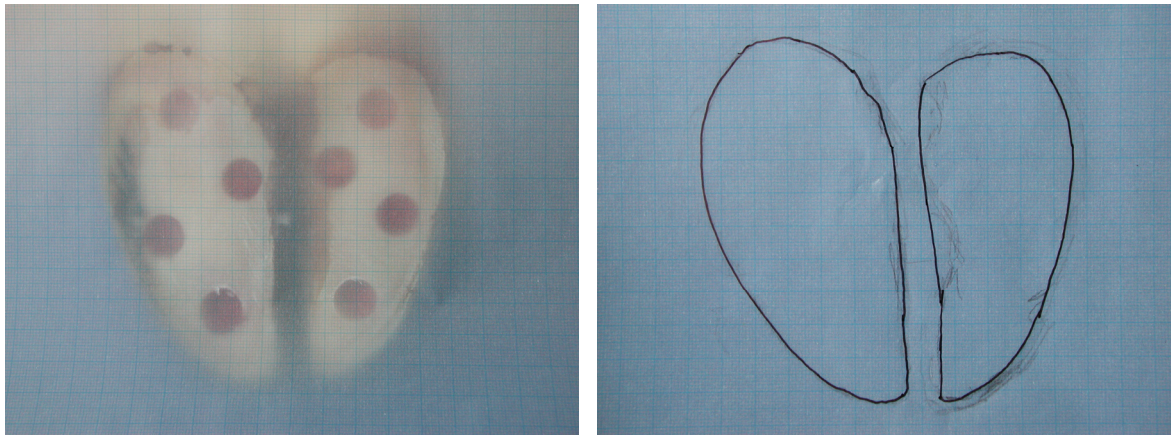


Abb. 26: Klauenpräparat eines Fleckviehbullens, 18 Monate alt. a) Sohlenfläche der Klauen einer linken Beckengliedmasse hinter durchsichtigem Millimeterpapier b) Sohlenflächen auf Millimeterpapier übertragen

5.1.4.5 Messungen an den exungulierten Klauen

Die Klauen wurden für 30 Minuten in einem 60° heissen Wasserbad erhitzt und danach exunguliert. Die Messungen folgten unmittelbar anschliessend. Augenscheinlich bei den meisten Klauen war die sich nun auch im exungulierten Zustand präsentierende grössere Aussenklaue. Der Unterschied in der Breite des Kronsaums wurde jetzt noch deutlicher (Abb. 27a). Beim Zusammenpressen der Klauenspitzen überragte die Spitze der Aussenklaue die Innenklaue (Abb. 27b).



Abb. 27a: Exungulierte Zehenendorgane; laterale Klaue deutlich länger, Kronsaum nach distal verschoben



Abb. 27b: Gleiche Hintergliedmasse, beim Zusammenpressen der Klauenspitzen: Längen- und Grössenunterschied wird verdeutlicht



Abb. 28: Exungulierte linke Hintergliedmasse, Ansicht der Sohlenfläche der Lederhaut. Deutlich längere laterale Klaue

Auch von der Bodenfläche her und von plantar gesehen zeigte sich die Aussenklaue erheblich grösser, und vor allem auch im Ballenbereich länger als die Innenklaue (Abb. 28 und 29).



Abb. 29: Exungulierte linke Hintergliedmasse einer 4jährigen Fleckviehkuh, Ansicht von plantar mit der Sohlenfläche nach oben gehalten (links) auf eine ebene Fläche aufgesetzt (rechts). Ballen der medialen Klaue deutlich weniger stark ausgebildet, berührt nicht die Bodenfläche

5.1.4.5.1 Messung der Dorsalwandlänge

Auch nach dem heißen Wasserbad von ca. 30 Minuten und dem Exungulieren der Klauen waren die Markierungspunkte am Übergang zwischen Kronsaum zur behaarten Haut noch deutlich zu erkennen. Von hier aus wurde, in der gleichen Weise wie bei der Messung des dorsalen Bereichs der Klauenwand, bis zur Klauenspitze der Messschieber angesetzt und der Wert abgelesen (Abb. 30).

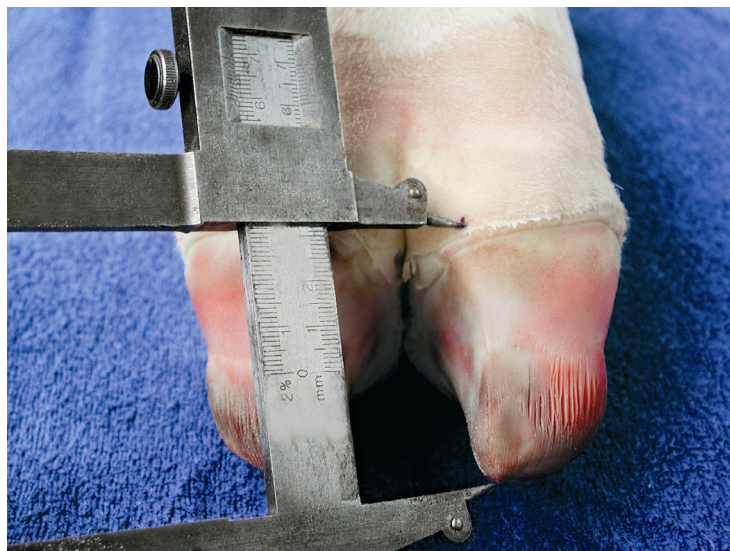


Abb. 30: Messung der Dorsalwandlänge an der exungulierten Aussenklaue einer linken Beckengliedmasse eines Mastbullens

5.1.4.5.2 Messung des Dorsalwandwinkels

Der längere Schenkel des Gradmessers wurde wiederum, parallel zum Spatium interdigitale, auf der Sohlenfläche der Lederhaut platziert, die sich nun aber in der Mitte und in Richtung axial gewölbt darstellt.

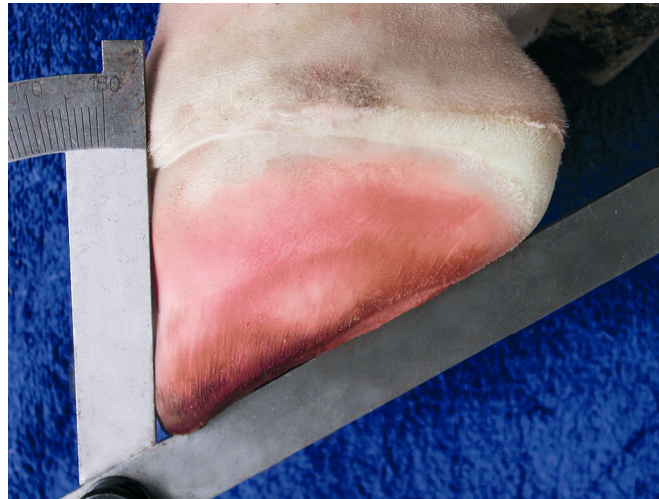


Abb. 31: Messung des Dorsalwandwinkels an einer ausgeschuhten Klaue

Der andere Schenkel wurde auf die Dorsalwand der Lederhaut zwischen Spitze und Kronsaum, parallel zum Zwischenklauenspalt gelegt (Abb. 31).

5.1.4.5.3 Messung der Ballenlänge

Diese Messung konnte aufgrund des Fehlens einer klar begrenzten Belastungsfläche, insbesondere des plantaren Endes, nicht durchgeführt werden.

5.1.4.5.4 Messung der Ballenhöhe

Die Ballenhöhe wurde gemessen, in dem der verlängerte und verbreiterte Messschenkel an die Sohlenfläche angelegt wurde, und der zweite dem höchsten Punkt der Ballenlederhaut auflag (Abb. 32).



Abb.32: Messung der Ballenhöhe an der exungulierten Klaue

5.1.4.5.5 Messung der Ballenbreite

Hierzu wurde der Messschieber parallel zur Sohlenfläche von plantar an den Ballen herangeführt. Ein Schenkel wurde in den Zwischenklauenspalt geschoben und der andere abaxial an den Ballen herangeführt (Abb. 33).



Abb. 33: Messung der Ballenbreite an einer ausgeschuhten Klaue

Viele Ballen waren in der Breite unterschiedlich dick. Dies war auch schon zuvor an den zugeschliffenen Füßen aufgefallen. Der Ballen der Aussenklaue war bezüglich der Höhe und Breite durchschnittlich grösser.

5.1.4.5.6 Messung der Klauenlänge

Diese Messung erfolgte ebenfalls mit dem Messschieber in folgender Art und Weise: Die Schiene, auf der die beiden Schenkel des Messschiebers senkrecht angebracht sind, wurde plan an die Sohlenfläche der Klaue gelegt. Der vordere Schenkel berührt die Klauenspitze und der hintere Schenkel wird an den Ballen von plantar angedrückt (Abb. 34).



Abb.34: Messung der Klauenlänge an der exungulierten Klaue

5.1.4.5.7 Berechnung der Sohlenfläche

Die Messung der Sohlenfläche musste ebenfalls entfallen da sich das Ende der Belastungsfläche nicht eindeutig an der exungulierten Klaue definieren liess. Ausserdem war eine axiale Abgrenzung der Sohlenfläche nicht möglich, da sie sich hier als gewölbte Fläche

darstellte, und somit ein genaues Übertragen der Konturen auf das Millimeterpapier nicht gelang. Auch Abdruckversuche scheiterten, da beim Abdruck auf Papier nur im Spitzen- und Ballenbereich und abaxial die Farbe übertragen wurde, wiederum verursacht durch die vorhandene Wölbung.

5.2 Ergebnisse

Nachfolgend werden die Werte der Klauenmessungen auf eine Stelle hinter dem Komma auf- oder abgerundet wiedergegeben.

5.2.1 Hornschuh- und Lederhautabmessungen

5.2.1.1 Sohlendicke (mm)

5.2.1.1.1 Sohlendicke der Jungbullen

Die an den vier Öffnungen vorgenommenen Vierpunkt-Messungen ergaben nahezu identische Werte an medialer und lateraler Klaue, wenn diese auf die definierte Sohlendicke gekürzt worden waren. Allein zwei Werte im Bereich des in der „Mitte“ gelegenen Messloches waren auch bei den Werten *gleicher* Sohlendicke signifikant unterschiedlich; die axial und abaxial gemessenen Werte für die Sohlendicke an der Aussenklaue waren um 0,5 mm stärker als die an der Innenklaue (Tab. 7).

Tab.7: Mittelwerte der Sohlendicke der medialen Klauen (standardisiert 5-8 mm) im Vergleich zu denen der angepassten lateralen Klauen, mit Standardabweichungen, bei den Jungbullen. (n=40 Klauenpaare mit je 4 Messungen pro Stelle)

Lokalisation der Messung	apikal (mediale/laterale Klaue)	axial (mediale/laterale Klaue)	abaxial (mediale/laterale Klaue)	plantar (mediale/laterale Klaue)
„Spitze“	5,0 /3,3* (s = 1,4)	5,4/3,3* (s = 1,6)	5,2/2,9* (s = 1,6)	5,5/3,3* (s = 1,8)
„Mitte“	6,3/4,4* (s = 1,4)	6,2/5,0* (s = 1,5)	6,2/5,0* (s = 1,5)	6,8/5,3* (s = 1,6)
„Hohlkehlung“	9,0/7,1* (s = 1,8)	13,2/11* (s = 1,7)	9,3/7,5* (s = 1,9)	8,9/7,0* (s = 1,7)
„Ballen“	8,5/5,9* (s = 1,8)	8,1/5,2* (s = 1,9)	8,3/5,2* (s = 1,9)	8,0 /4,9* (s = 1,7)

* signifikant unterschiedliche Werte zwischen medialer und lateraler Klaue (t-Test bei gepaarten Stichproben, $p < 0,001$).

Die Dicken der Sohlen der an die Innenklauen *angepassten* Aussenklauen waren an allen 16 Punkten signifikant geringer als die der Innenklauen ($p < 0,01$; Tab. 7).

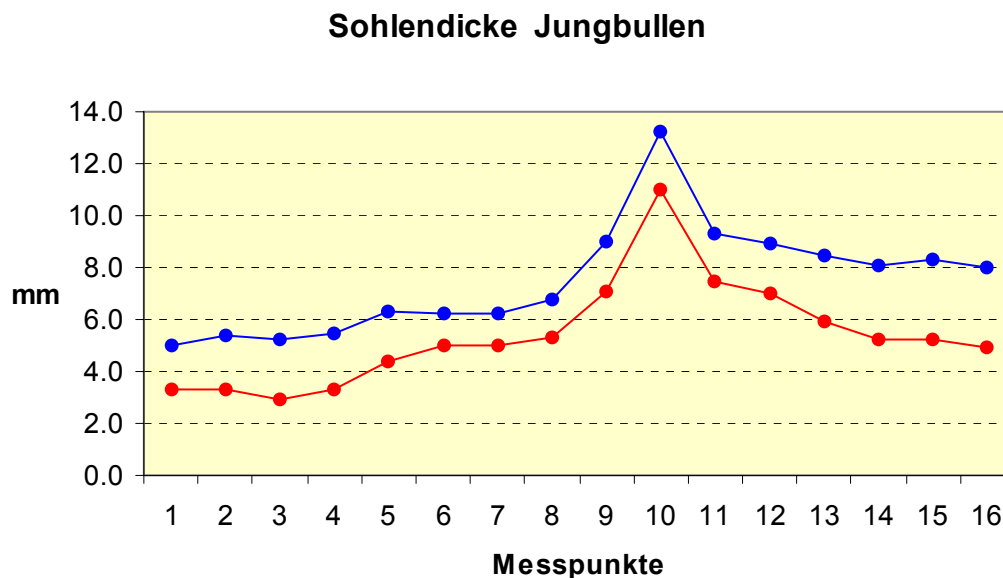


Abb. 35: Vergleich der Sohlendicken von medialer (blaue Linie) und lateraler Klaue (rote Linie) von Jungbullen, dargestellt anhand der Vierpunktmessungen; Messstellen: 1-4 Spitze, 5-8 Mitte, 9-12 Hohlkehlung, 13-16 Ballen

Am Ballen und an der Sohlenspitze waren die Unterschiede grösser als im Bereich der beiden Bohrlöcher der Sohlenmitte (Abb. 35).

5.2.1.1.2 Sohlendicke der Jungkühe

Die an den vier Öffnungen vorgenommenen Vierpunkt-Messungen ergaben, wie bei den Mastbullen, nahezu identische Werte, wenn mediale und laterale Klaue auf die gleiche Sohlendicke gekürzt worden waren. Bei den Jungkühen waren die Werte der Klauen gleicher Sohlendicke im Bereich der Mitte, im Gegensatz zu denen bei den Mastbullen, nicht unterschiedlich zwischen Aussen- und Innenklauen.

Die Dicken der Sohle der angepassten Aussenklauen waren an allen 16 Punkten ausnahmslos und signifikant geringer als die der Innenklauen ($p < 0,001$). Die Sohlendicke an der Aussenklaue war vergleichsweise deutlicher verringert als bei den Mastbullen. Die Unterschiede verteilten sich über die gesamte Sohlenfläche annähernd gleichmässig (Tab. 8; Abb. 36).

Tab.8: Mittelwerte der Sohlendicke der medialen Klauen (standardisiert 5 – 8 mm) im Vergleich zu denen der angepassten lateralen Klauen, mit Standardabweichungen, bei Jungkühen. (n= 20 Klauenpaare)

Lokalisation der Messung	apikal (mediale/laterale Klaue)	axial (mediale/laterale Klaue)	abaxial (mediale/laterale Klaue)	plantar (mediale/laterale Klaue)
„Spitze“	5,0 /2,2* (s = 1,3)	5,5/2,4* (s = 1,3)	5,4/1,8* (s = 1,6)	5,8/2,6* (s = 1,3)
„Mitte“	6,5/3,6* (s = 1,7)	7,0/4,1* (s = 1,6)	7,1/3,9* (s = 1,9)	7,3/4,1* (s = 1,8)
„Hohlkehlung“	9,2/5,9* (s = 1,7)	12,8/9,2* (s = 2,2)	8,7/5,7* (s = 2,0)	9,6/6,0* (s = 2,0)
„Ballen“	8,3/5,2* (s = 2,2)	8,3/4,6* (s = 2,2)	8,2/4,3* (s = 2,3)	8,0 /4,5* (s = 2,0)

* signifikant unterschiedliche Werte zwischen medialer und lateraler Klaue (t-Test bei gepaarten Stichproben, $p < 0,001$)

Sohlendicke Jungkühe

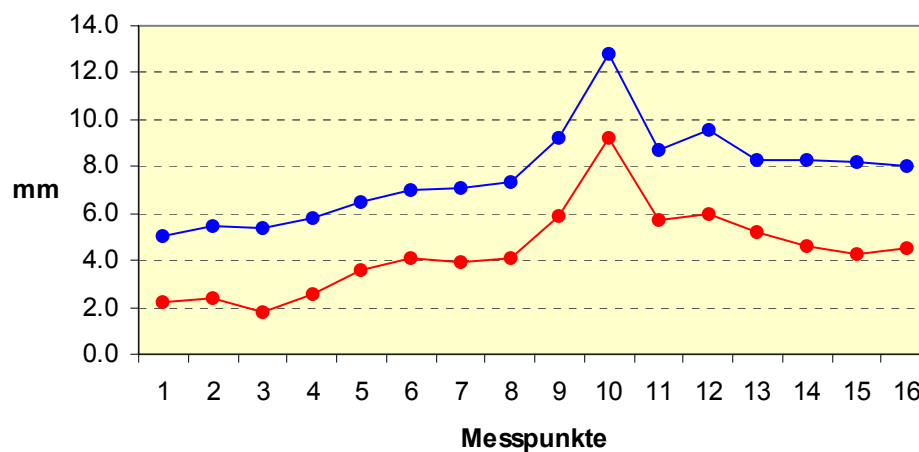


Abb. 36: Vergleich der Sohlendicken von medialer (blaue Linie) und lateraler Klaue (rote Linie) von Jungkühen, dargestellt anhand der Vierpunktmessungen; Messstellen: 1-4 Spitze, 5-8 Mitte, 9-12 Hohlkehlung, 13-16 Ballen

5.2.1.1.3 Sohlendicke der Altkühe

Auch bei den Altkühen zeigten sich nach Anpassung der Sohlendicke der lateralen an die der medialen Klauen durchweg signifikante Unterschiede.

Tab.9: Mittelwerte der Sohlendicke der medialen Klauen (standardisiert 5 – 8 mm) im Vergleich zu denen der angepassten lateralen Klauen, mit Standardabweichungen, bei Altkühen. (n= 20 Klauenpaare)

Lokalisation der Messung	apikal (mediale/laterale Klaue)	axial (mediale/laterale Klaue)	abaxial (mediale/laterale Klaue)	plantar (mediale/laterale Klaue)
„Spitze“	5,0 /3,2* (s = 1,5)	5,7/3,6* (s = 1,5)	5,5/3,7* (s = 1,7)	5,7/3,8* (s = 1,7)
„Mitte“	7,0/4,4* (s = 1,6)	7,4/5,8* (s = 1,5)	7,4/6,0* (s = 1,7)	7,8/6,0* (s = 1,7)
„Hohlkehlung“	9,6/7,3* (s = 2,3)	13,2/10,6* (s = 1,9)	9,2/7,1* (s = 2,3)	9,5/7,2* (s = 1,7)
„Ballen“	8,3/5,7* (s = 1,9)	8,3/5,4* (s = 2,2)	8,4/5,4* (s = 2,2)	8,0 /5,3* (s = 2,2)

* signifikant unterschiedliche Werte zwischen medialer und lateraler Klaue (t-Test bei gepaarten Stichproben, $p < 0,001$).

Sohlendicke Altkühe

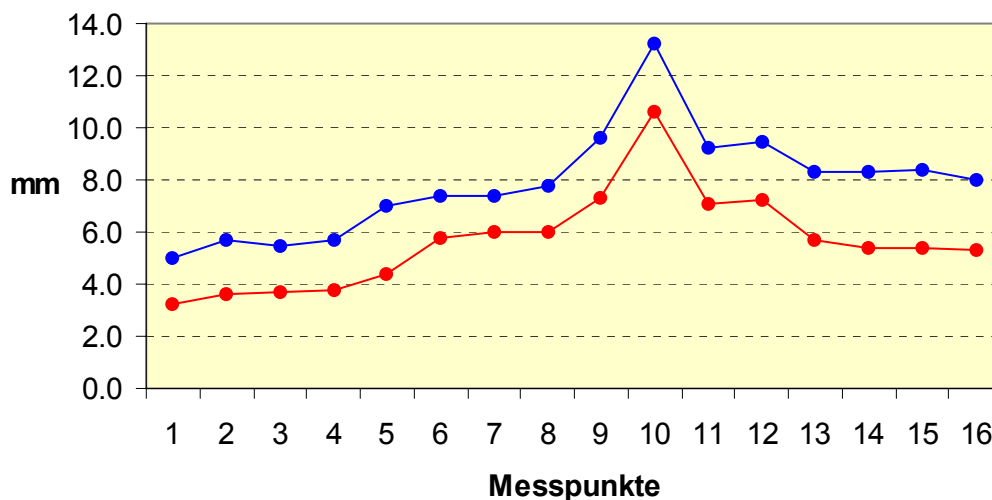


Abb. 37: Vergleich der Sohlendicken von medialer (blaue Linie) und lateraler Klaue (rote Linie) von Altkühen, dargestellt anhand der Vierpunktmessungen; Messstellen: 1-4 Spitze, 5-8 Mitte, 9-12 Hohlkehlung, 13-16 Ballen

Die Sohlen der Aussenklauen waren nach dem Abschleifen zwei bis drei Millimeter dünner als die standardisierte Sohlendicke. Dies führte zu einer Reduzierung der Sohlendicke auf 3,2 mm an der Klauenspitze bis zu 5,3 mm am Ballen (Tab. 9). Der Verlauf der Dicke der Hornsohle an den verschiedenen Messpunkten von Aussen- und Innenklaue ist in Abb. 37 dargestellt.

5.2.1.1.4 Vergleich der Altersgruppen bezüglich der Sohlendicke

Die Werte für die Sohlendicke unterschieden sich an der Klauenspitze und in der Klauenmitte signifikant zwischen den Altersgruppen. An diesen beiden Messlöchern wiesen die Aussenklauen der Jungkühe nach der Anpassung die dünnsten Sohlen auf. An den beiden hinteren Messlöchern waren die Unterschiede nicht signifikant.

5.2.1.2 Dorsalwandwinkel (Grad)

Der Dorsalwandwinkel war am grössten bei den Jungbullen (Tab. 10), und zwar sowohl bei den Werten für das Horn als auch für das Korium. Die Funktionelle Klauenpflege führte zu einer weiteren Vergrösserung des Winkels an den lateralen Klauen der Bullen.

Tab.10: Mittelwerte und Standardabweichungen der Dorsalwandwinkel bei 80 Zehenpräparaten von Rindern vor und nach funktioneller Klauenpflege sowie bei exungulierten Klauen

Dorsalwandwinkel		mediale Klaue	laterale Klaue	laterale Klaue angepasst
Klauenhorn	Jungbullen	57,8 (s = 3,0)	55,8 (s = 9,4)	56,4* (s = 2,8)
	Jungkühe	50,7 (s = 1,9)	51,4 (s = 2,3)	50,2 (s = 2,1)
	Altkühe	49,1 (s = 2,4)	48,2 (s = 2,7)	47,9 (s = 2,8)
Klauenkorium	Jungbullen	63,7 (s = 2,0)	64,5* (s = 2,3)	-
	Jungkühe	57,1 (s = 2,6)	58,1* (s = 2,0)	-
	Altkühe	57,8 (s = 4,1)	57,4 (s = 4,1)	-

* Werte der medialen und lateralen Klauen signifikant unterschiedlich; $p < 0,01$).

Bei den Kühen jedoch wurde der Winkel kleiner. Die Mittelwerte für den Dorsalwandwinkel waren signifikant unterschiedlich zwischen den drei Altersgruppen. Zwischen dem Alter und dem Dorsalwandwinkel bestand eine signifikante Korrelation: Der Winkel war bei älteren Tieren kleiner. Innerhalb der Gruppen waren die Winkel der medialen und lateralen Klauen nicht unterschiedlich. Lediglich bei exungulierten Klauen der Bullen und der Jungkühe waren die Winkel der lateralen Klauen steiler.

5.2.1.3 Dorsalwandlänge (mm)

Die Dorsalwandlänge nahm mit dem Alter zu. Die Mittelwerte für die Dorsalwandlänge waren signifikant unterschiedlich zwischen den Altersgruppen. Die Dorsalwandlänge der lateralen Klauen war bei den Jungbullen und –kühen nach der funktionellen Klauenpflege signifikant kürzer als die der medialen; bei den Altkühen war dieselbe Beziehung zwar vorhanden, aber nicht signifikant (Tab. 11). Bei den Jungbullen betrug die Differenz zwischen den Mittelwerten 1mm, bei den Jungkühen 3 mm und bei den Altkühen 1,6 mm.

Tab.11: Mittelwerte und Standardabweichungen der Dorsalwandlänge bei 80 Zehenpräparaten von Rindern vor und nach funktioneller Klauenpflege sowie bei exungulierten Klauen

Dorsalwandlänge		mediale Klaue	laterale Klaue	laterale Klaue angepasst
Klauenhorn	Jungbullen	72,8 (s= 3,6)	73,7 (s = 4,4)	71,7* (s = 4,0)
	Jungkühe	76,3 (s = 3,9)	75,6 (s = 3,5)	73,3* (s = 3,5)
	Altkühe	77,8 (s = 5,0)	78,0 (s = 5,5)	76,2 (s = 5,4)
Klauenkorium	Jungbullen	62,5 (s = 2,0)	61,8* (s = 2,3)	-
	Jungkühe	61,3 (s = 4,3)	61,2 (s = 3,6)	-
	Altkühe	63,7 (s = 3,6)	64,0 (s = 3,5)	-

* Werte der medialen und lateralen Klauen signifikant unterschiedlich; $p < 0,01$).

Es bestand eine positive Korrelation des Alters mit der Dorsalwandlänge des Horns, nicht jedoch mit der des Koriums, die Jungbullen wiesen ein grösseres Korium als die Jungkühe auf. Die Altkühe hatten jedoch eine grössere Dorsalwandlänge des Koriums als die

Jungbullen. Bei den Jungbullen war die Dorsalwand des Koriums der lateralen Klaue kürzer als die der medialen.

Bei den älteren Kühen erreichte die Dorsalwandlänge an den medialen Klauen Werte zwischen 70 bis zu 87,6 mm, und an den lateralen Klauen zwischen 69,7 und 86,8 mm. Insgesamt 13 Tiere wiesen an der medialen Klaue eine Dorsalwandlänge von mehr als 80 mm auf, 16 an der lateralen.

Bei den exungulierten Klauen waren die Mittelwerte der Dorsalwandlängen nur an den lateralen Klauen zwischen den Gruppen signifikant unterschiedlich.

5.2.1.4 Ballenhöhe (mm)

Bei allen Tieren waren die Werte der lateralen Ballen signifikant höher als die der medialen, sowohl wenn sie am Hornschuh als auch am Korium gemessen worden waren. Die funktionelle Klauenpflege reduzierte die Ballenhöhe des Hornschuhes der lateralen Klauen auf die Werte der medialen, ausgenommen bei den Altkühen, bei denen der laterale Ballen noch höher blieb (Tab. 12).

Tab.12: Mittelwerte und Standardabweichungen der Ballenhöhe bei Zehenpräparaten von 80 Rindern vor und nach funktioneller Klauenpflege sowie bei exungulierten Klauen

Ballenhöhe		mediale Klaue	laterale Klaue	laterale Klaue angepasst
Klauenhorn	Jungbullen	30,9 (s = 3,6)	34,2* (s = 4,7)	31,2 (s = 4,3)
	Jungkühe	28,8 (s = 3,2)	33,6* (s = 2,7)	27,4 (s = 3,6)
	Altkühe	26,5 (s = 3,6)	34,1* (s = 4,7)	30,5* (s = 5,2)
Klauenkorium	Jungbullen	19,5 (s = 2,8)	23,5* (s = 3,3)	-
	Jungkühe	18,1 (s = 2,4)	21,7* (s = 2,1)	-
	Altkühe	18,7 (s = 3,6)	24,5* (s = 3,8)	-

* Werte der medialen und lateralen Klauen signifikant unterschiedlich; $p < 0,01$).

Zwischen den Altersgruppen bestanden keine Unterschiede in der Ballenhöhe der lateralen Klauen, weder vor noch nach der funktionellen Klauenpflege. Nur an den exungulierten

Klauen war ein leichter Unterschied feststellbar ($p < 0,05$). An den medialen Klauen bestand jedoch eine signifikante negative Korrelation der Ballenhöhe mit dem Alter ($p < 0,01$; $r = -0,470$): Die Ballenhöhe, gemessen am Ballenhorn, nahm an der medialen Klaue mit dem Alter deutlich ab. Das Horn der medialen Klaue wies bei definierter Sohlendicke bei den Altkühen die geringste Ballenhöhe auf.

5.2.1.5 Ballenlänge (mm)

Die Werte für die Ballenlänge waren an den lateralen Klauen grösser als an den medialen. Für die Jungbullen und die Altkühe waren diese signifikant unterschiedlich (Tab. 13).

Tab.13: Mittelwerte und Standardabweichungen der Ballenlänge bei Zehenpräparaten von 80 Rindern vor und nach funktioneller Klauenpflege sowie bei exungulierten Klauen

Ballenlänge		mediale Klaue	laterale Klaue	laterale Klaue angepasst
Klauenhorn	Jungbullen	37,0 (s = 4,4)	38,9* (s = 4,8)	34,3* (s = 5,2)
	Jungkühe	34,5 (s = 3,5)	36,2 (s = 3,2)	30,0* (s = 3,6)
	Altkühe	33,6 (s = 4,3)	37,0* (s = 4,6)	33,2 (s = 5,0)

* Werte der medialen und lateralen Klauen signifikant unterschiedlich; $p < 0,01$.

Nach der funktionellen Klauenpflege hatte die Ballenlänge abgenommen und war bei den Bullen und bei den Jungkühen signifikant niedriger als die der medialen Klauen. Wie aus Abb. 22 und 23 zu ersehen, weist der Ballen der Innenklaue einen flacheren Winkel als die Aussenklaue auf. Hierdurch ist zu erklären, dass nach Anpassen der Aussenklaue an das Niveau der Innenklaue an letzterer die Ballenlänge grösser war.

Wie bei der Ballenhöhe bestand eine signifikante negative Korrelation zwischen dem Alter und der Ballenlänge ($P < 0,01$; $r = -3,39$). Die medialen Klauen der Altkühe wiesen die geringste Ballenlänge auf.

5.2.1.6 Sohlenlänge (mm)

Die lateralen Klauen wiesen bei allen Gruppen eine längere Sohle als die medialen auf. Die Länge (Abb. 15 auf S. 38) nahm signifikant mit dem Alter zu. Nach funktioneller Klauenpflege hatte die Länge der Aussenklaue noch einmal zugenommen (Tab. 14).

An den exungulierten Klauen konnte die Sohlenlänge aufgrund unscharfer Grenzlinien nicht bestimmt werden.

Tab.14: Mittelwerte und Standardabweichungen der Sohlenlänge bei Zehenpräparaten von 80 Rindern vor und nach funktioneller Klauenpflege sowie bei exungulierten Klauen

Sohlenlänge		mediale Klaue	laterale Klaue	laterale Klaue angepasst
Klauenhorn	Jungbullen	104,4 (s = 5,2)	112,9* (s = 6,3)	117,0* (s = 6,5)
	Jungkühe	109,8 (s = 8,0)	114,2* (s = 7,4)	118,2* (s = 5,8)
	Altkühe	115,5 (s = 7,1)	126,1* (s = 10,0)	129,4* (s = 9,5)

* Werte der medialen und lateralen Klauen signifikant unterschiedlich; $p < 0,01$.

Die Sohlenlänge nahm sowohl an den Innen- wie an den Aussenklauen mit dem Alter signifikant zu.

5.2.1.7 Sohlenbreite (mm)

Die lateralen Klauen waren bei allen Gruppen signifikant breiter als die medialen (Tab. 15). Die Breite (Abb. 15 auf S. 38) nahm mit dem Alter signifikant zu. Nach der funktionellen Klauempfege hatte sich die Klauenbreite nochmals vergrößert.

Tab.15: Mittelwerte und Standardabweichungen der Sohlenbreite bei Zehenpräparaten von 80 Rindern vor und nach funktioneller Klauenpflege

Sohlenbreite		mediale Klaue	laterale Klaue	laterale Klaue angepasst
Klauenhorn	Jungbullen	40,7 (s = 3,2)	50,9* (s = 7,0)	52,6* (s = 6,8)
	Jungkühe	39,7 (s = 3,7)	48,6* (s = 4,9)	50,5* (s = 3,3)
	Altkühe	45,2 (s = 3,9)	55,4* (s = 3,4)	56,2* (s = 3,5)

* Werte der medialen und lateralen Klauen signifikant unterschiedlich; $p < 0,01$.

Alle Werte für die Klauenbreite waren signifikant unterschiedlich zwischen den Gruppen. An den exungulierten Klauen konnte die Sohlenlänge aufgrund unscharfer Grenzlinien nicht bestimmt werden.

5.2.1.8 Ballenbreite (mm)

Die Ballenbreite (siehe Abb. 24 auf S. 44) war am grössten bei den Jungbullen, sowohl wenn am Horn als auch wenn am Korium gemessen wurde. Die Werte waren zwischen den Altersgruppen signifikant verschieden (Tab. 16).

Tab. 16: Mittelwerte und Standardabweichungen der Ballenbreite bei Zehenpräparaten von 80 Rindern vor und nach funktioneller Klauenpflege sowie bei exungulierten Klauen

Ballenbreite		mediale Klaue	laterale Klaue	laterale Klaue angepasst
Klauenhorn	Jungbullen	55,4 (s = 2,4)	61,3* (s = 2,9)	-
	Jungkühe	51,5 (s = 2,8)	56,9* (s = 3,0)	-
	Altkühe	53,8 (s = 4,6)	61,2* (s = 6,2)	-
Klauenkorium	Jungbullen	53,0 (s = 2,8)	58,2* (s = 3,1)	-
	Jungkühe	48,3 (s = 2,5)	53,4* (s = 2,7)	-
	Altkühe	50,6 (s = 5,0)	56,8* (s = 6,4)	-

* Werte der medialen und lateralen Klauen signifikant unterschiedlich; $p < 0,01$).

Für die Ballenbreite ergab sich eine deutliche Tendenz, sich mit dem Alter zu vermindern ($r = -0,264$, $p < 0,05$). Am Korium war diese Feststellung signifikant ($r = -0,327$; $p < 0,01$).

5.2.1.9 Klauenlänge (mm)

Die lateralen Klauen waren signifikant länger als die medialen. Die Klauenlänge (siehe Abb. 15 auf S. 38) korrelierte signifikant mit den Altersgruppen. Nach der funktionellen

Klauenpflege hatte die Klauenlänge an den Aussenklauen abgenommen, unterschied sich aber – ausser bei den Jungkühen – immer noch signifikant von der der Innenklauen (Tab. 17).

Tab. 17: Mittelwerte und Standardabweichungen der Klauenlänge bei Zehenpräparaten von 80 Rindern vor und nach funktioneller Klauenpflege sowie bei exungulierten Klauen

Klauenlänge		mediale Klaue	laterale Klaue	laterale Klaue angepasst
Klauenhorn	Jungbullen	127,0 (s = 3,4)	132,1* (s = 5,4)	132,1* (s = 5,6)
	Jungskühe	127,4 (s = 6,5)	130,7* (s = 6,0)	128,6 (s = 5,9)
	Altkühe	136,2 (s = 6,5)	142,8* (s = 9,3)	141,2* (s = 8,5)
Klauenkorium	Jungbullen	108,6 (s = 2,6)	112,0* (s = 3,2)	-
	Jungskühe	104,8 (s = 5,2)	108,3* (s = 4,2)	-
	Altkühe	114,9 (s = 5,2)	120,8* (s = 6,2)	-

* Werte der medialen und lateralen Klauen signifikant unterschiedlich; $p < 0,01$.

Auch die Länge des Koriums unterschied sich zwischen der lateralen und medialen Klaue sowie zwischen den Altersgruppen signifikant. Die Längenmasse der lateralen Klauen waren deutlich grösser.

5.2.1.10 Sohlenumfang (mm)

Die lateralen Klauen wiesen, verglichen mit den medialen, einen signifikant grösseren Sohlenumfang auf.

Tab. 18: Mittelwerte und Standardabweichungen (s) des Sohlenumfangs bei Zehenpräparaten von 80 Rindern vor und nach funktioneller Klauenpflege

Sohlenumfang		mediale Klaue	laterale Klaue	laterale Klaue angepasst
Klauenhorn	Jungbullen	250,0 (s = 12,6)	276,0* (s = 13,6)	287,0* (s = 21,8)
	Jungskühe	257,2 (s = 18,7)	274,2* (s = 17,6)	283,3* (s = 13,3)
	Altkühe	285,0 (s = 18,6)	308,6* (s = 25,2)	317,0* (s = 24,3)

* Werte der medialen und lateralen Klauen signifikant unterschiedlich; $p < 0,01$.

Bei den Jungbullen und –kühen betrug der p-Wert $< 0,01$, bei den Altkühen lediglich $p < 0,05$. Es zeigte sich eine stark positive Korrelation ($r = 0,454$ medial, $r = 0,366$ lateral) des Sohlenumfanges mit dem Alter. Die Werte für den Sohlenumfang erhöhten sich an den lateralen Klauen nach funktioneller Klauenpflege (Tab. 18).

5.2.1.11 Sohlenfläche (cm^2)

Die Aussenklauen wiesen bei allen Tieren im Vergleich mit den medialen die signifikant grössere Sohlenfläche auf (Tab. 19). Zwischen dem Alter und der Sohlenfläche bestand eine stark positive Korrelation ($r = 5,60$ medial, $r = 5,10$ lateral).

Tab. 19: Mittelwerte und Standardabweichungen der Sohlenfläche (cm^2) bei Zehenpräparaten von 80 Rindern vor und nach funktioneller Klauenpflege

Sohlenfläche		mediale Klaue	laterale Klaue	laterale Klaue angepasst
Klauenhorn	Jungbullen	34,93 (s = 4,1)	46,27* (s = 4,1)	49,62* (s = 4,6)
	Jungkühe	35,84 (s = 4,9)	44,19* (s = 5,4)	47,68* (s = 4,5)
	Altkühe	42,85 (s = 4,5)	57,72* (s = 10,0)	60,35* (s = 9,5)

* Werte der medialen und lateralen Klauen signifikant unterschiedlich; $p < 0,01$.

Die funktionelle Klauenpflege erhöhte die Werte für die lateralen Klauen weiter.

5.2.1.12 Verhältnis der Dorsalwandlänge zur Ballenlänge

Die Dorsalwandlänge wurde zur Ballenlänge ins Verhältnis gesetzt. Dieses Verhältnis wird in der Literatur als Hilfe zur Beurteilung der Klauenmasse herangezogen. Die Aussenklauen wiesen höhere Ballen und deswegen niedrigere Quotienten als die Innenklauen auf. Nach der Klauenpflege waren sie jedoch höher als die der medialen Klauen, mit Ausnahme der Kühe, bei denen sie gleich waren. Ein Verhältnis von nahezu 2 : 1 wurde nur an den Innenklauen der Jungbullen erreicht (Tab. 20). Die Aussenklauen zeigten einen niedrigeren Quotienten, da die Ballen höher waren.

Tab.20: Quotienten aus Dorsalwandlänge und Ballenlänge bei Zehenpräparaten von 80 Rindern vor und nach funktioneller Klauenpflege

Dorsalwandlänge: Ballenlänge		mediale Klaue	laterale Klaue	laterale Klaue angepasst
Klauenhorn	Jungbullen	1,97: 1	1,89: 1	2,09: 1
	Jungkühe	2,21: 1	2,09: 1	2,44: 1
	Altkühe	2,32: 1	2,11: 1	2,29: 1

Bei den Kühen betrug das Verhältnis an den medialen Klauen mindestens 2,2 : 1. Durch die funktionelle Klauenpflege – in diesem Fall das Anpassen an die standardisierte Sohlendicke der medialen Klauen – erniedrigte sich der Ballen der Aussenklauen erheblich, der Quotient wurde grösser.

5.2.1.13 Verhältnis von Dorsalwandlänge zu Ballenhöhe

Da die Ballenlänge aufgrund fehlender Bezugspunkte nicht genau an den exungulierten Klauen gemessen werden konnte, wurde die Dorsalwandlänge zur Ballenhöhe in Bezug gesetzt.

Tab.21: Verhältnis von Dorsalwandlänge zur Ballenhöhe bei 80 Zehenpräparaten von Hintergliedmassen vor und nach funktioneller Klauenpflege sowie nach Exungulation

Dorsalwandlänge: Ballenhöhe		mediale Klaue	laterale Klaue	laterale Klaue angepasst
Klauenhorn	Jungbullen	2,38: 1	2,15: 1	2,30: 1
	Jungkühe	2,65: 1	2,25: 1	2,68: 1
	Altkühe	2,94: 1	2,28: 1	2,50: 1
Klauenkorium	Jungbullen	3,21: 1	2,63: 1	-
	Jungkühe	3,38: 1	2,81: 1	-
	Altkühe	3,40: 1	2,61: 1	-

Die Aussenklauen wiesen einen niedrigeren Wert als die Innenklauen auf, weil ihr Ballen höher war: Nach der funktionellen Klauenpflege näherten sich die Quotienten jedoch stark denen der Innenklauen an (Tab. 21). Die Koriumwerte verhielten sich entsprechend. Sie zeigten, dass der Ballen der medialen Klauen erheblich grössere Werte als der der lateralen Klauen aufwies. An der lateralen, ausgeschuhten Klaue war der Ballen erheblich höher als an der medialen.

5.2.1.14 Verhältnis von Dorsalwandlänge zu Sohlenlänge

Dieses Verhältnis war an den Innen- und Aussenklauen verschieden, und dies erst recht nach der funktionellen Klauenpflege. An den medialen Klauen betrug es konstant 1: 1,4, an den lateralen Klauen 1: 1,5 bei den jungen Tieren und 1: 1,6 bei den Altkühen. Nach der funktionellen Klauenpflege zeigten die Aussenklauen bei allen Tieren ein Verhältnis von 1: 1,6 (Tab. 22).

Tab.22: Verhältnis von Dorsalwand zu Sohlenlänge bei 80 Zehenpräparaten von Hintergliedmassen vor und nach funktioneller Klauenpflege sowie nach Exungulation

Dorsalwandlänge: Sohlenlänge		mediale Klaue	laterale Klaue	laterale Klaue angepasst
Klauenhorn	Jungbullen	1: 1,4	1: 1,5	1: 1,6
	Jungkühe	1: 1,4	1: 1,5	1: 1,6
	Altkühe	1: 1,4	1: 1,6	1: 1,6

Somit zeigte dieses Verhältnis eine auffallende Konstanz. Die grössere Sohlenlänge der Aussenklauen bedingte den grösseren Wert an der Aussenklaue.

5.2.1.15 Zusammenfassung der Resultate

Die lateralen und medialen Klauen der Beckengliedmassen von Rindern verschiedenen Alters zeigen erhebliche Grössenunterschiede. Sohlenlänge und -breite, Ballenlänge, -höhe und -breite, Sohlenfläche und -umfang sind allesamt an der Aussenklaue signifikant grösser. Auch

das Korium zeigt entsprechend grössere Werte an den Aussenklauen für Klauenlänge, Ballenbreite, -länge und -höhe. Die Aussenklaue hat somit auch eine grössere Weichteilgrundlage als die Innenklaue.

Die Dorsalwandlänge unterscheidet sich bei definierter Sohlendicke zwischen Aussen- und Innenklaue nicht. Dies trifft auch für die Werte der exungulierten Zehenendorgane zu. **Nach** der funktionellen Klauenpflege ist die Dorsalwand an der Aussenklaue jedoch kürzer als die der medialen. Diese Feststellung trifft noch mehr auf den Ballen zu, dessen Länge und Höhe durch die Anpassung an die Innenklaue signifikant erniedrigt wird.

Durch die funktionelle Klauenpflege – das Anpassen des Sohlenniveaus der Aussenklaue an die Innenklaue – nehmen Sohlenlänge und –breite, Sohlenumfang und Sohlenfläche an der Aussenklaue noch weiter zu.

6 Diskussion

Ziel der Untersuchung war, die Klauenabmessungen beim Rind möglichst exakt zu bestimmen und damit verlässliche Referenzwerte – sowohl für die Anatomie, die Klauenpflege als auch für die Therapie von Klauenerkrankungen – zu erheben. Die Untersuchungen wurden mit Präzisionsinstrumenten (Genauigkeit 0,1 mm) durchgeführt und die Messmethoden anhand von mehreren Voruntersuchungen standardisiert. Allerdings muss bedacht werden, dass bei der Messung komprimierbarer Gewebe, wie beispielsweise dem Ballenhorn, Fehler manchmal nicht zu vermeiden sind. Allgemein aber sind die Messfehler bei der Erhebung von Klauenabmessungen als gering anzusehen (Fessler 1969; Leuenberger, Dozzi et al. 1978; Sohr 1999).

Auf eine definierte Sohlendicke bezogene Klauenmasse ermittelte zuvor schon Fessler (1969, 1980) in ähnlicher Weise. Er verwendete jedoch nicht nur Präparate, sondern bezog auch die Klauen lebender Rinder mit in die Auswertung ein, bei denen die exakte Sohlendicke nicht herzustellen war (Fessler 1969). Zudem führte er die Klauenpflege nicht selbst durch; er gibt auch nicht an, wie viel Wert auf eine exakte Angleichung des Sohlenniveaus von Aussen- und Innenklaue gelegt wurde.

Über die Bestimmung von Klauenabmessungen an den an die Innenklauen angepassten Aussenklauen liegen in der zugänglichen Literatur bisher keine Berichte vor.

6.1 Standardmasse

Die Untersuchungen wurden zunächst an Zehenpräparaten von Jungbullen durchgeführt, damit eine Beeinflussung der Klauenabmessungen durch Fütterungs-, Haltungs- und Stoffwechselveränderungen, wie sie bei Kühen eher auftritt, gering gehalten wurde. Die Klauen von Schultergliedmassen wurden nicht untersucht, da hier weniger Diskrepanzen in der Grösse beschrieben sind und weniger Erkrankungen als an der Beckengliedmasse vorkommen. Es wurden lediglich die Klauen **einer** Beckengliedmasse untersucht, da die Werte nicht wesentlich zwischen den Gliedmassen eines Tieres differieren (Fessler 1969; Andersson und Lundström 1981). Anschliessend an die Untersuchungen an den Klauen von Jungbullen wurden auch Klauen von Kühen unterschiedlichen Alters vermessen.

Vorversuche, die dazu dienten, eine **Bezugsgrösse** für die Messung der Klauenmasse zu ermitteln, zeigten, dass die Dorsalwandlänge dafür nicht geeignet ist. Zum einen variiert sie bei Tieren verschiedenen Alters und Gewichts deutlich (Sohr 1999) – sie ist insbesondere bei den Jungbullen und manchen Jungkühen geringer als das „Standardmass“ 75 mm – zum anderen müsste für die Bestimmung weiterer Abmessungen auch noch die Ballenlänge mit herangezogen werden.

In den Vorversuchen zeigte sich weiterhin, dass auch ein Verhältnis der Dorsalwandlänge zu Ballenlänge von 2 : 1, in der Literatur als ein Mass für normale Klauen genannt, nicht verlässlich war: Bei manchen Präparaten von Jungbullen ergaben sich zu dünne Sohlen im Ballenbereich, wenn man dieses Verhältnis herstellen wollte. Lediglich bei den medialen Klauen von Jungbullen, an denen später bei definierter Sohlendicke gemessen wurde, betrugen die Mittelwerte dieses Verhältnisses 1,97 : 1, also nahezu 2 : 1. An der lateralen Klaue war der Wert niedriger, nämlich 1,89 : 1. Die Mittelwerte der Kühe für dieses Verhältnis schwankten zwischen 2.09 und 2.32 : 1. Ein entsprechendes, ebenfalls in der Literatur erwähntes Verhältnis von 3 : 2 erwies sich als zu gross, da die Ballen von vorneherein meist nicht hoch genug waren.

Daraus ist abzuleiten, dass ein Verhältnis der Dorsalwandlänge zu Ballenlänge von 2 : 1 nur bei Jungbullen als Orientierung für eine gute Klauenform geeignet ist. Für Kühe ist ein Verhältnis von 2,2 : 1 besser passend.

Eine eigens konstruierte Vorrichtung, durch die das exakte Herrichten eines gleichen Sohlenniveaus an lateraler und medialer Klaue erreicht werden sollte, konnte das Verschieben der Klauen gegeneinander nicht verhindern. Beim Zuschleifen mit einem elektrischen Hobel ergaben sich schiefe Flächen. Das gleiche Niveau der Sohlenhöhe an Aussen- und Innenklaue musste deswegen notgedrungen nach der von Toussaint Raven (1989) geschilderten Vorgehensweise (Toussaint Raven 1989) per Augenmass durchgeführt werden. Bevor die endgültigen Messungen durchgeführt wurden, wurde die Sohlenhöhe von zwei Personen beurteilt, damit möglichst eine grössere Genauigkeit gegeben war.

Die Sohlendicke stellte nach den eigenen Überlegungen letztlich die einzige Messgrösse dar, die als singuläres Referenzmass zur Erhebung von Klauenabmessungen geeignet ist. Von ihr hängen der optimale Schutz der Klaue, die korrekte Belastung und somit alle übrigen Klauenmasse ab. Ihre Festlegung erfolgte anhand von Tiefenmessungen an vier Löchern, die bis zur Lederhaut gebohrt wurden (Fischer 1935; Fessl 1969), und hier anhand von jeweils vier Punkten. Die Platzierung dieser Öffnungen war nicht immer konstant zu halten, weil die Klauengrösse und -form oft unterschiedlich war.

Der Sollwert für die Sohlendicke wurde auf 5 mm im Bereich der Klauenspitze und auf 8 mm im Ballenbereich festgelegt („definierte Sohlendicke“). Diese Werte wurden nicht nur aufgrund der in der Literatur (Wyssmann 1902; Fessler 1969; Toussaint Raven 1989) angegebenen Werte gewählt, sondern auch anhand eigener Untersuchungen überprüft und als geeignet angesehen (Vorversuch 3 – 5). Aus Gründen der exakten Anpassung der Sohlendicke wurde jedoch nicht die anatomisch vorgegebene gewölbte Sohle hergestellt, sondern eine plane Fläche, die besser anzugleichen war.

6.2 Anatomischer Unterschied zwischen Aussen- und Innenklaue

Das wichtigste Ergebnis der eigenen Studie besteht im Erkennen und der erstmaligen Beschreibung eines anatomischen Unterschiedes zwischen Innen- und Aussenklaue: Das Sohlenniveau der Aussenklauen ragt **bei definierter Sohlendicke** über das Niveau der Innenklauen hinaus nach distal. Nach der **Anpassung** des Sohlenniveaus ergeben sich dann an den Aussenklauen signifikant geringere Sohlendicken als an den Innenklauen.

Da dadurch auch belegt ist, dass die Lederhaut der Aussenklaue weiter nach distal ragt, können zwei mögliche, unterschiedliche Schlussfolgerungen gezogen werden: 1.) Die Aussenklauen hypertrophieren im Bereich des Hornschuhs **und** der Lederhaut, oder: 2.) Die Aussenklauen der Beckengliedmassen beim Rind **reichen weiter nach distal** als die Innenklauen.

Obwohl vereinzelt vermutet worden war, dass ein anatomischer Unterschied zwischen Aussen- und Innenklauen der Beckengliedmassen bestehen könnte, der für die ungleiche Grösse und die Prädisposition der Aussenklauen für Erkrankungen verantwortlich ist (Andersson und Lundström 1981), standen bisher diejenigen Theorien im Vordergrund (Rusterholz 1920; Toussaint Raven 1985; Ossent, Peterse et al. 1987), die besagten, dass mit zunehmendem Alter die Aussenklauen infolge der ständigen Fehl- und Überbelastung hypertrophierten. Nach Kehler und Sohrt (1999, 2000) besteht jedoch keine Hypertrophie der inneren Strukturen der Aussenklaue gegenüber denjenigen der Innenklaue (Sohrt 1999; Kehler und Sohrt 2000). Sie finden sowohl identische Dorsalwandlängen des Horns als auch identische dorsale Korium- und Klauenbeinabmessungen. Diese Befunde werden auch durch die eigenen Untersuchungen bezüglich der Dorsalwandlängen – sowohl des Hornes als auch der Lederhaut – bestätigt. Wenn nun die Abmessungen des Hornschuhs und der Lederhaut an der Aussenklaue nicht grösser als an der Innenklaue wären und die Lederhaut trotzdem

weiter nach distal reichte, wäre dies ein Indiz dafür, dass die Aussenzehe länger ist als die Innenzehe.

In der eigenen Untersuchung wurden jedoch im Gegensatz zu Sohr (1999) nicht nur die Dorsalwandlänge untersucht (Sohr 1999), sondern stets die inneren **und** äusseren Strukturen an den Innen- und den Aussenklauen verglichen. Demnach sind auch nach der Exungulation viele Messwerte, beispielsweise Klauenlänge, Ballenhöhe und Ballenbreite, an den Aussenklauen signifikant grösser als an den Innenklauen. Die innere Struktur der Aussenklauen ist also grösser als die der Innenklauen. Dies würde wiederum für eine Hypertrophie der inneren Strukturen sprechen.

Als mitentscheidender Hinweis für einen anatomischen Längenunterschied konnte in den eigenen Untersuchungen festgestellt werden, dass die Dorsalwandlänge an den Aussenklauen vor der funktionellen Klauenpflege gleich, nach Anpassen der Sohlendicke jedoch kleiner als die der Innenklauen war. Dieses überraschende Ergebnis ist nur zu erklären, wenn die Aussenklauen weiter nach distal ragen als die Innenklauen. Somit wird das Vorliegen eines anatomischen Längenunterschiedes zwischen Aussen- und Innenklauen untermauert. Entsprechend waren die Werte für die Ballenlänge an der Aussenklauen geringer als die der Innenklauen, jedoch zeigten die Innenklauen weniger steile Winkel. Als mögliche Lokalisation für einen Längenunterschied käme entweder der Bereich der Zehen- oder der der Metatarsalknochen in Frage.

Die Zehenknochen weisen nach einer früheren, an relativ wenigen Knochen durchgeführten Studie keine Längenunterschiede auf (Ranft 1936). An den Metatarsalknochen ist der laterale Kondylus jedoch stets länger als der mediale (Petersen 1921). Dieser Längenunterschied könnte, wenn die Zehenknochen selbst keine Längenunterschiede aufweisen, die Ungleichheit von Aussen- und Innenzehe bedingen.

Eine Hypertrophie der Aussenklauen im Lauf des Lebens ist jedoch anzunehmen, da ältere Tiere im Vergleich mit den jüngeren signifikant grössere Werte, beispielsweise für die Sohle, an den Aussenklauen aufweisen. Dass aber auch Jungbullen schon grössere Aussenklauen haben, spricht eher für einen angeborenen Unterschied. Nach eigenen Beobachtungen zeigen auch Jungrinder, die den Sommer über auf Alpweiden gehalten werden, einen Grössen- und Längenunterschied an den Klauen der Beckengliedmassen (Nuss 2003). Daher kann vermutet werden, dass neugeborene Kälber unterschiedlich grosse Klauen an den Beckengliedmassen aufweisen. Diese wichtige Frage ist bisher jedoch nicht eingehend untersucht worden. Überdies werden auch die Innenklauen der Beckengliedmassen mit dem Alter grösser, und zwar in ähnlichem Masse wie die Aussenklauen.

Der Unterschied im Bereich der Metatarsalkondylen ist auch bei neugeborenen Kälbern vorhanden. Dieser Längenunterschied ist nach vorläufigen Ergebnissen positiv mit der Klauenbreite und der Klauenlänge der medialen und lateralen Klauen dieser Kälber korreliert (Nacambo, Hässig et al. 2004).

Obwohl nicht ausgeschlossen werden kann, dass im Laufe des Lebens eine Hypertrophie von Hornschuh und Lederhaut eintritt (Toussaint Raven 1989) erscheint die Ungleichheit von Aussen- und Innenklaue der Beckengliedmassen beim Rind auf einem angeborenen anatomischen Längenunterschied, der im Os metatarsale lokalisiert ist, zu beruhen. Möglicherweise wird auch ein anfangs kleiner Unterschied im Laufe der Jahre durch die Belastung auf den harten Stallböden vergrößert.

Eine anatomische Längendifferenz im Bereich der Zehen oder des Fusses würde einfach nachvollziehbar erklären, warum die Aussenklauen der Beckengliedmassen von Rindern weitaus am häufigsten Sohlengeschwüre aufweisen und stärker als die Innenklauen an Klauenrehe erkranken.

6.3 Weitere Klauenmasse

6.3.1 Sohlendicke

Aus den in den Vorversuchen erhaltenen Ergebnissen ergab sich, dass die Sohle, wenn sie an jedem Punkt die gleiche Dicke aufwies, gewölbt war. Die Sohlenfläche gestaltete sich demzufolge wie die Facies solearis des Klauenbeins und die Lederhautoberfläche, die ebenfalls eine Wölbung aufweisen. Diese Wölbung ist sowohl in Längs- als auch in Querrichtung festzustellen (Nuss 1996). Allerdings ist der Bereich der Klauenplatte und des Tragerands der Lederhaut weit weniger aufgebogen. Als Konsequenz daraus muss bei der Klauenpflege bedacht werden, dass die Lederhaut an der Sohlenspitze und am Ballen etwas weiter nach distal ragt als in der Sohlenmitte. Dies ist insbesondere deswegen wichtig, weil an der Klauenspitze – wegen des fehlenden Unterhautpolsters (Sohr 1999) einerseits und der festen Verspannung zwischen den Klauenwänden andererseits – das Horn wenig eindrückbar ist. Man kann an dieser Stelle schlecht prüfen, wie dick die Sohle noch ist.

Für eine wiederholbare Messung wurden die Sohlen der Klauen, damit man das Sohlenniveau vergleichen konnte, plan geschliffen, d.h. es wurde keine Hohlkehlung angebracht.

Bei der nachfolgenden Vierpunktmessung schwankten die Messwerte an den apikal gelegenen Löchern um bis zu 2 mm. Ergab die Messung in apikaler Richtung zum Beispiel 5 mm Sohlendicke, so kam an einer anderen Messrichtung zum Beispiel ein Wert von 3 mm oder 7 mm vor. Extrem waren die Unterschiede im Bereich der Hohlkehlung - hier betrug die Differenz bis zu 5 mm, wobei der Wert in axialer Richtung immer der grösste war.

Im Umkehrschluss zu der anatomisch vorgegebenen Sohlenwölbung ergibt sich also: Schleift man die Sohlenfläche einer Klaue plan zurecht, ist die Sohlendicke ungleich. Eine plane, ebene Sohlenfläche ist somit anatomisch gesehen nicht korrekt.

6.3.2 Dorsalwandwinkel

Die Dorsalwandwinkel stimmen mit denen in der Literatur angegebenen nicht immer überein. Während bei den **Jungbullen** der eigenen Untersuchung die Mittelwerte der Winkel 57,8 Grad an den Aussenklauen und 55,8 an den Innenklauen betrugen, gab Fessl (1966) Durchschnittswerte zwischen 48 und 51 Grad an. Die Werte von Schneider sind erheblich höher, doch führte er keine Klauenpflege durch (1980).

Martig et al. (1983) geben Werte zwischen 49 und 51 Grad für **Kühe** an, bei denen Klauen gepflegt wurden (Martig, Leuenberger et al. 1983). Dies stimmt mit den Werten der eigenen Untersuchung gut überein (48,2 bis 51,4 Grad, dabei jüngere Tiere steiler als ältere). Etwas geringere Werte ermittelte Fessl (1980); er fand 47 – 48° bei jüngeren und um 45 ° bei älteren Tieren. Die Aussage, dass der Dorsalwandwinkel an den Klauen der Beckengliedmassen bei Kühen etwa 50° betragen sollte, ist trotz der Vereinfachung als ein gut passender Wert anzusehen.

Die Dorsalwandwinkel des Koriums betrugen bei den Bullen etwa 64° und bei den Kühen 57 – 58°, wobei hierin keine Unterschiede zwischen den älteren und jüngeren Kühen bestanden. Demnach haben die Bullen anscheinend generell steiler gewinkelte Klauen als die weiblichen Tiere.

Die Differenz zwischen den Winkeln des Horns und des Koriums ist wohl darauf zurückzuführen, dass nach distal die Klauenplatte an Dicke zunimmt. Da die Klauenpräparate als gesund beurteilt wurden, sowohl was das Horn als auch was das Korium angeht, ist davon auszugehen, dass es sich um ein „normale“ Abweichung handelt.

6.3.3 Dorsalwandlänge

Einige Aspekte der Werte für die Dorsalwandlänge wurden bereits weiter oben diskutiert. Die in der eigenen Untersuchung ermittelten Längen entsprechen den in der Literatur angegebenen Abmessungen, wenn diese unter vergleichbaren Bedingungen ermittelt wurden (Sohrt 1999). Fessler (1980) richtet zwar eine definierte Sohlendicke von 6 mm an Präparaten her, nimmt aber auch lebende Tiere in die Studie mit auf, die „nach diesen Erfahrungswerten“ von einem Klauenpfleger gepflegt werden; seine erhaltenen Werte für die Dorsalwandlänge sind deswegen im Vergleich mit der eigenen Untersuchung grösser. Insbesondere sind die Aussenklauen nach seinen Ergebnissen (Fessler 1980) länger als die Innenklauen. Grössere Dorsalwandlängen ermitteln auch Andersson und Lundström; sie führen jedoch gar keine Klauenpflege durch (Andersson und Lundström 1981). Nach Sohr (1999) sowie Sohr und Kehler (2000) Ansicht besteht zwischen Aussen- und Innenklaue kein Unterschied bezüglich der dorsalen Abmessungen; sie nehmen deshalb sogar die Abmessungen der Aussenklauen als repräsentativ für die der Innenklauen her (Sohr 1999; Kehler und Sohr 2000). Bezüglich der Dorsalwandlänge und auch der Dorsallänge des Korioms kann ihre Vorgehensweise durch die eigenen Werte bestätigt werden. Ihre Schlussfolgerung jedoch, dies als Beleg dafür herzunehmen, dass Innenstruktur der Aussenklauen nicht grösser ist als die der Innenklauen, ist aufgrund des einen erhobenen Messwertes (Dorsalwandlänge) nicht zulässig.

Zuletzt zeigt die vorliegende Untersuchung, dass die Gleichheit der Dorsalwandlänge an Aussenklaue und Innenklaue es noch nicht erlaubt, die Sohlendicke der Aussenklaue gefahrlos an das Niveau der Innenklaue anzupassen.

Auffallend war bei den Ergebnissen der eigenen Untersuchungen, dass die Dorsalwandlänge des Korioms im Gegensatz zur Dorsalwandlänge des Horns nicht mit dem Alter korrelierte. Die Werte lagen näher beieinander als im Horn. Dieser Unterschied ist dadurch zu erklären, dass bei Tieren, die einen flacheren Dorsalwandwinkel aufweisen, die Dorsalwand länger ist. Das Verhältnis von Dorsalwandlänge zur Sohlenlänge wies eine bemerkenswerte Konstanz auf. An der Innenklaue betrug der Wert 1 : 1,4 bei allen Altersgruppen. An den Aussenklauen erhöhte er sich nach funktioneller Klauenpflege um 0,1 auf 1,6 bei allen Tieren, ausser bei den Altkühen, bei denen dieser Wert schon vorher gegeben war. Clemente (1989) gibt einen entsprechenden Wert von 1,3 an; allerdings gibt er keine Messmethoden an (Clemente 1989). Möglicherweise erhielt er deswegen einen geringeren Wert, weil er nicht die diagonale Länge der Klauen verwendete, sondern die Längsseite des Rechteckes nach Habacher.

An der Innenklaue ist der Wert vermutlich darum geringer als an der Aussenklaue, weil der Ballen weniger steil auf die Sohlenfläche zuführt und somit den Boden weiter apikal als an der Aussenklaue erreicht.

6.3.4 Ballenhöhe und Ballenlänge

Die Feststellung, dass die Werte für die Ballenhöhe bei allen Tieren an den lateralen Klauen signifikant grösser als an den medialen Klauen waren, unterstreicht die Ungleichheit zwischen den Klauen der Beckengliedmassen. Die Unterschiede bestanden sowohl im Horn als auch im Korium. Interessant war, dass die Ballenhöhe an den Aussenklauen aller Altersgruppen nahezu dieselben Werte aufwies. Die Ballenhöhe an den Innenklauen korrelierte signifikant mit dem Alter: Sie war bei den Altkühen am geringsten. Insofern kann vermutet werden, dass die Ballen der Aussenklauen einen vergleichsweise grösseren Anteil der Last aufnehmen, und die Ballen der Innenklauen infolge der Nichtbelastung sich mit dem Alter zurückbilden.

Für praktische Belange bedeutet dies, dass bei der Klauenpflege vermieden werden sollte, den Ballen der Aussenklauen gleich niedrig wie den der Innenklauen zu machen, da sonst eine Ballenfussung mit nachfolgender Fehlbelastung und Prädisposition für Hauterkrankungen – da die Ballenhaut sich näher am Grund befindet – geschaffen würde. Der vereinfachende Grundsatz der funktionellen Klauenpflege, dass die Aussenklaue an die Innenklaue angepasst werden soll, muss erheblich differenzierter betrachtet werden. In manchen Fällen ist die Ungleichheit zwischen Aussen- und Innenklauen als der bessere Pflegezustand anzusehen.

Die Ballenlängen der lateralen Klauen waren vor der funktionellen Klauenpflege länger, danach aber kürzer als die der Innenklauen. Dies kommt dadurch zustande, dass die Ballen der Aussenklauen einen steileren Winkel als die der Innenklauen aufweisen. Letztere sind schräger gestellt und somit bei gleicher Höhe länger.

Die Verhältnisse Dorsalwandlänge zu Ballenhöhe/Ballenlänge wurden bereits weiter oben besprochen. Bullen haben eine andere Klauenform als Kühe, so dass die Klauenmasse nicht ohne weiteres miteinander verglichen werden können.

6.3.5 Sohlenlänge und Sohlenbreite, Sohlenumfang, Sohlenfläche, Klauenlänge

Die Werte für die Sohlenlänge und Sohlenbreite stimmen recht gut mit vergleichbaren Werten der Literatur überein (Fessler 1969; Andersson und Lundström 1981). Als Sohlenlänge der Klaue wurde im Gegensatz zu Fessler (1969) sowie Andersson und Lundström (1981) nicht die lange Seitenlinie des Rechtecks nach Habacher, sondern die Diagonale gewählt (Länge zwischen den Berührungspunkten der kurzen Seiten des Rechtecks mit dem Klauenrand; Abb. 15). Diese repräsentiert die längste Ausdehnung der Sohle und stellt auch das praktisch bedeutendere Mass dar. Nach ihr richtet sich beispielsweise die Grösse von Kothurnen aus. Werden diese nicht nach ihr, sondern lediglich nach der langen Seitenlänge des Rechtecks abgemessen und angefertigt, sind sie zu kurz (Nuss und Tiefenthaler 2000). Demzufolge wurde auch die Klauenlänge in der Fortsetzung dieser Diagonale vermessen.

Die lateralen Klauen sind – wie in der Literatur beschrieben – auch nach den eigenen Untersuchungen signifikant länger und breiter als die medialen.

Für die übrigen Abmessungen, den Sohlenumfang und die Sohlenfläche, liegen in der Literatur ähnliche Werte wie in der eigenen Untersuchung vor. Die Masse sind jedoch nicht konkret miteinander zu vergleichen, weil die Sohlendicke entweder anders gewählt wurde (Fessler 1969) oder die Klauen gar nicht gepflegt wurden (Andersson und Lundström 1981; Huber, Distl et al. 1984). Die in der eigenen Untersuchung gefundenen Zahlenwerte bestätigten den in den erwähnten Arbeiten festgestellten Grössenunterschied zwischen lateraler und medialer Klaue.

Zusätzlich wurden in der eigenen Studie erstmals die Abmessungen der Aussenklauen bei standardisierter Sohlendicke und nach funktioneller Klauenpflege ermittelt. Durch das Anpassen der Sohlendicke der Aussenklauen an die Innenklauen nehmen Sohlenlänge und Sohlenbreite zu, mithin auch Sohlenumfang und Sohlenfläche. Die funktionelle Klauenpflege führt jedoch zu einer Abnahme der Klauenlänge, der Ballenhöhe und der Ballenlänge. Dies bedeutet, dass durch die Anpassung die Aussenklaue eine grössere Fläche bei weniger widerstandsfähiger Sohle einnimmt.

Dies kann dazu führen, dass eine dünnere Sohle der Aussenklaue aufgrund ihrer grösseren Fläche mehr Gewicht aufnimmt. Die Auswirkungen auf die Klauengesundheit sind nicht bekannt.

Die Vorteile des Anpassens, die Übernahme der Last durch die Innenklaue, dürften die Nachteile allerdings wettmachen.

7 Literaturverzeichnis

- Andersson, L. und K. Lundström (1981). "The influence of breed, age, body weight and season on digital diseases and hoof size in dairy cows." Zentralblatt Veterinärmedizin **28**: 141-51.
- Anker, M. (1854). Die Fusskrankheiten des Pferdes und des Rindviehs. Bern und Zürich, Staempfli.
- Baumgartner, C. (1988). Untersuchungen über Klauenmasse als Hilfsmerkmale für die Selektion auf Klauengesundheit an Töchtergruppen von Deutschen Fleckviehbullen. Veterinärmedizinische Fakultät. München, Ludwig-Maximilians-Universität.
- Becker, M. (1983). Klauenerkrankungen beim Rind. Stuttgart, Enke.
- Belitz, W. (1925). Wiederkäuer und ihre Krankheiten im Altertum, Tierärztliche Hochschule.
- Clemente, C. (1989). Klauenpflege beim Rind. Frankfurt, Verlagsunion Agrar.
- Dietz, O. und H. Heyden (1990). "Zur Entstehung der Sohlenlederhautquetschung beim Rind." Monatshefte Veterinärmedizin **45**: 14-7.
- Distl, O. (1996). "Verbesserung von Gesundheit als neues züchterisches Ziel in der Selektion auf Fundamentmerkmale beim Rind." Tierärztliche Umschau **51**: 331-40.
- Distl, O. und D. Schmid (1993). "Systematische Kontrolle der Klauengesundheit bei Kühen in ganzjähriger Laufstallhaltung." Tierärztliche Praxis **21**: 27-35.
- Fessler, L. (1966). "[Studies on claw capsules of domestic cattle breed with reference to the number of lamellas, wall strength and angular wall position and their comparison with the claw capsules of a yakbull (*Bos grunniens* L.)]."
Wien Tierarztl Monatsschr **53**(4): 267-77.
- Fessler, L. (1969). "Biometrische Untersuchungen der Bodenfläche der Rinderklauen und die Belastungen auf die Extremitätenpaare." Zbl Vet Med A **15**: 844-60.
- Fessler, L. (1980). Die Normalklaue des Oesterreichischen Fleckvierindes - Grössen- und Formbestimmung und deren Bedeutung für Klauenerkrankungen und Stallbau. Veterinärorthopädie. Wien, Veterinärmedizinische Universität.
- Fischer, A. (1935). Die Klauenpflege des Rindes. Hannover, Schaper.
- Fürst, A. (1992). Makroskopische und mikroskopische Anatomie der Rinderklaue. Veterinärchirurgie. Zürich, Switzerland, Zürich.
- Geyer, H., A. Fürst, et al., Eds. (1998). Anatomie der Rinderklaue. Handbuch zur Pflege und Behandlung der Klauen beim Rind. Zollikofen, Schweiz, Landwirtschaftliche Lehrmittelzentrale.
- Günther, M. (1974). Klauenerkrankungen. Jena, Gustav Fischer.
- Günther, M., H. Panndorf, et al. (1970). "Zum Problem der orthopädischen Ueberwachung von Besamungsbullen." Monatshefte für Veterinärmedizin **25**: 418.
- Habermehl, K.-H. (1984). Haut und Hautorgane. Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. R. Nickel, A. Schummer and E. Seiferle. Berlin und Hamburg, Parey. **III**: 453-581.
- Heyden, H. und O. Dietz (1983). "Einige technische Erleichterungen bei der Klauenpflege in herkömmlichen Stallanlagen." Monatshefte für Veterinärmedizin **38**: 818.
- Heyden, H. und H. Meyen (1980). "Untersuchungen zur Rationalisierung der Klauenpflege in Laufstallanlagen." Monatshefte für Veterinärmedizin **35**: 104.
- Huber, M., O. Distl, et al. (1984). "Die Entwicklung der Klauenformen von Jungbullen im Alter von 6-12 Monaten." Zentralblatt Veterinärmedizin A **31**: 499-507.
- Kehler, W. und J. T. Sohr (2000). Standard measurements of the normal hind claw of Holstein Friesian cows: The relation between the internal anatomical structure and the

- horn capsule. 11th International Symposium on Disorders of the Ruminant Digit and 3rd International Conference on Bovine Lameness, Parma, Italy.
- Knezevic, P. (1962). "Ein transportabler Zwangsstand und ein neues Schleifgerät zur Klauenkorrektur für Rinder." Wiener Tierärztliche Monatsschrift **49**: 370-377.
- Kofler, J., P. Kübber, et al. (1999). "Ultrasonographic imaging and thickness measurement of the sole horn and the underlying soft tissue layer in bovine claws." The Veterinary Journal **157**: 322-331.
- Leuenberger, W., W. Dozzi, et al. (1978). "Meßfehler verschiedener Methoden zur Bestimmung der Klauenbelastung und der Klauenform beim Rind." Zbl Vet Med A **25**: 837-44.
- Lischer, C. (2000). Sohlengeschwüre beim Rind. Pathogenese und Heilungsverlauf. Veterinärchirurgische Tierklinik. Zürich, Universität: 1-178.
- Maierl, J. und C. Mülling (2004). Funktionelle Anatomie. Erkrankungen der Klauen und Zehen des Rindes. K. Nuss. Stuttgart, Schattauer: 1-27.
- Martig, J., W. Leuenberger, et al. (1983). "Untersuchungen über die Ursachen des spezifisch traumatischen Sohlengeschwürs der Kuh." Zentralblatt Veterinärmedizin A **30**: 214-222.
- Meermann, A. (1987). "Entwicklung einer neuen hydraulischen Klauenzange für Rinder." Tierärztliche Praxis **15**(4): 365-367.
- Mülling, C. (1993). Struktur, Verhornung und Hornqualität in Ballen, Sohle und weißer Linie der Rinderklaue und ihre Bedeutung für Klauenerkrankungen. Veterinär-Anatomie, Fachbereich Veterinärmedizin. Berlin, Freie Universität.
- Mülling, C. (2003). Aufbau und Funktion der Rinderklaue. Klauenprobleme schneller lösen. R. Pijl, M. Willemen, C. Mülling, M. Schmitt and G. Veauthier. Münster-Hiltrup, Landwirtschaftsverlag GmbH: 6-11.
- Mülling, C. und K.-D. Budras (1998). "Der Interzellularkitt (Membrane Coating Material, MCM) in der Epidermis der Rinderklaue." Wiener Tierärztliche Monatsschrift **85**: 216-23.
- Nacambo, S., M. Hässig, et al. (2004). Differences in length of the metacarpal and metatarsal condyles in calves and the correlation to claw size. 13.th International Conference on the Diseases of the Bovine Digit - Lameness Symposium, Maribor, Slovenia.
- Nickel, R., A. Schummer, et al. (1992). Passiver Bewegungsapparat, Skelettsystem. Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. R. Nickel, A. Schummer and E. Seiferle. Berlin, Parey. **1**: 15-272.
- Nuss, K. (1996). Funktionelle Anatomie der Rinderklaue. Bundesweite Tagung der Lehr- und Versuchsgüter zur Festlegung auf eine Klauenpflegemethode beim Rind., Achselschwang.
- Nuss, K. (2003). "Persönliche Mitteilung."
- Nuss, K. und I. Tiefenthaler (2000). "Eigenschaften und klinische Anwendung gebräuchlicher Klauenkothurne." Tierärztliche Praxis **28** (G): 125-32.
- Ossent, P., D. Peterse, et al. (1987). "Distribution of load between the lateral and medial hoof of the bovine hind limb." J Vet Med A **34**: 296-300.
- Petersen, G. (1921). "Untersuchungen über das Fußskelett des Rindes." Morphologisches Jahrbuch **51**: 291-337.
- Prietz, G. (1986). "Untersuchungen zur Entwicklung der Gliedmassenspitze bis zum Jungrindalter." Monatshefte für Veterinärmedizin **42**: 387-390.
- Ranft, W. H. (1936). "Die feineren anatomischen Merkmale der Zehenknochen, speziell der Klauenbeine, des Rindes." Morphologisches Jahrbuch **78**: 377-420.
- Rusterholz, A. (1920). "Das spezifisch-traumatische Klauensohlengeschwür des Rindes." Schweizer Archiv für Tierheilkunde **62**: 421-66, 505-25.
- Schleiter, H. (1966). Klauenpflege bei Haustieren. Leipzig, Hirzel.

- Schneider, P. (1980). Einfluss des Vaters auf die Gliedmassenstellung und Klauenform sowie Abriebfestigkeit und Wassergehalte des Klauenhorns der Nachkommen. Veterinärmedizinische Fakultät. München, Ludwig-Maximilians-Universität.
- Schneller, W. (1984). Gesunde Klauen - leistungsfähige Rinder. Hengersberg, Schober.
- Schwarz, J. (1912). Ein Beitrag zur Altersbestimmung des Kalbes. Leipzig, Veterinärmedizinische Universität.
- Simon, G. (1963). Untersuchungen über altersbedingte Veränderungen der Klauenbeine des Rindes. Veterinärmedizinische Klinik der Veterinärmedizinischen Fakultät. Zürich, Schweiz, Universität Zürich.
- Sohrt, J. T. (1999). Ermittlung von Standardmaßen für die Klauenpflege durch Untersuchungen über die Beziehung der anatomischen Innenstruktur zum Hornschuh an Klauen der Hintergliedmaße Deutscher Schwarzbunter Rinder mit Berücksichtigung von Reheveränderungen. Tierärztliche Hochschule. Hannover, Tierärztliche Hochschule.
- Steinwand, W. (1976). Prüfung der Metabo-Winkelschleifmaschine 6162 KS-Automatik auf ihre Eignung zur Korrektur und zur Behandlung kranker Rinderklauen (ein Beitrag zum Einsatz von Schleifkörpern für die Bearbeitung von Klauenhorn). Hannover, Tierärztliche Hochschule.
- Toussaint Raven, E. (1985). "The principles of claw trimming." Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice **1**(1): 93-107.
- Toussaint Raven, E. (1989). Cattle footcare and claw trimming. Ipswich, UK, Farming Press.
- Wilkens, H. (1963). "Zur makroskopischen und mikroskopischen Morphologie der Rinderklaue mit einem Vergleich der Architektur von Klauen- und Hufröhrchen." Zentralblatt Veterinärmedizin A **11**(2): 163-200.
- Wilkens, H. (1963). "Zur makroskopischen und mikroskopischen Morphologie der Rinderklaue mit einem Vergleich der Architektur von Klauen- und Hufröhrchen." Zentralblatt Veterinärmedizin A **11**(3): 201-34.
- Wyssmann, E. (1902). Zur Anatomie der Klauenlederhaut. Veterinärmedizinische Fakultät. Bern, Universität.
- Zietschmann, O. (1918). "Das Zehenendorgan rezenter Säugetiere." Schweizer Archiv für Tierheilkunde **60**: 241-272.

Lebenslauf

Norbert Paulus, geboren am 28. Januar 1972 in Saarbrücken, Deutschland.

Vater Karlheinz Paulus, Modellbaumeister

Mutter Anneliese Paulus, geb. Rolland, Hausfrau

1978 - 1982 Grundschule Bübingen

1982 - 1992 Gymnasium am Schloss in Saarbrücken

1992 - 1993 Zivildienst

1993 - 1999 Studium der Veterinärmedizin an der Ludwig-Maximilians-
Universität in München

1999 3. Staatsexamen

2000 Approbation und Beginn der praktischen Untersuchungen an der
Rinderabteilung der Chirurgischen Tierklinik in München

2000 - 2001 Assistent in verschiedenen Grosstierpraxen

2002 - 2003 Weiterführung und Abschluss der praktischen Untersuchungen am
Departement für Nutztiere des Tierspitals Zürich, Universität Zürich
Assistent in einer Kleintierklinik in Osnabrück

seit Oktober 2003 Niedergelassener Tierarzt in Saarbrücken

Danksagungen

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben:

Mein grösster Dank gilt Herrn PD Dr. Karl Nuss für die freundliche Überlassung des Themas. Er hat mich bis zur Fertigstellung der Arbeit stets mit wertvollen Ratschlägen und Anregungen unterstützt. Er war immer für mich da und dafür danke ich ihm sehr herzlich.

Bei Herrn Prof. Dr. U. Braun möchte ich mich sehr für seine Offenheit, seinen grossen persönlichen Einsatz für die Dissertation und die Möglichkeit, die Untersuchungen an seinem Departement durchzuführen, bedanken.

Herrn Prof. Dr. H. Geyer danke herzlich ich für die Übernahme des Korreferates.

Weiterhin danke ich:

Den Mitarbeitern der Rinderabteilung der Chirurgischen Tierklinik München sowie der Klinik für Rinder-, Schaf- und Ziegenkrankheiten in Zürich für die freundliche Unterstützung.

Dem Schlachthof München für die Bereitstellung der Rinderklauen.

Julia Lieser für die Beseitigung von Computerproblemen.

Meinem Bruder Jäni für die mühevollen Arbeit, den Umfang und die Sohlenfläche der Klauen zu berechnen.

Mark Dickomeit für die Korrektur der englischen Zusammenfassung.

Frau Dr.med.vet. Katja Nuss für die Hilfe beim Korrekturlesen der Dissertation.

Den Mitarbeitern der Bibliothek der LMU München für die geleistete Hilfe beim Suchen und Bestellen von Literatur.

Meiner lieben Frau Tina für die schönen graphischen Abbildungen.